

**Instituto Tecnológico de Costa Rica**  
Escuela de Ingeniería en Diseño Industrial



**“Diseño de vehículo eléctrico para cable vía en bananeras”**

Proyecto de graduación para optar por el título de ingeniero en diseño industrial  
con el grado académico de bachillerato universitario.

Gustavo Alonso Maury Mora

Cartago  
Noviembre, 2018



# Diseño de vehículo eléctrico para cable vía en bananeras

Gustavo Maury Mora

201270620

Semestre 2 2018  
Tecnológico de Costa Rica





# Introducción

**FASE 1:**

Investigación & análisis

**FASE 2:**

Desarrollo de concepto

**FASE 3:**

Diseño nivel sistema

**FASE 4:**

Diseño de detalle

Bibliografía y agradecimientos





# Contenido

<b>Introducción</b>	<b>6</b>	<b>Diseño a nivel sistema</b>	<b>61</b>
Introducción	7	Planeación de variaciones	62
Definición del problema	8	Definición de sistemas y subsistemas	63
Objetivos	9	Planteamiento de ingeniería de componentes	64
Justificación	10	Proveedores de componentes clave	66
Alcances y limitaciones	11	Definición esquema de ensamble	67
Relación empresa - ingeniero en diseño	12		
Marco metodológico	13		
 <b>Investigación &amp; análisis (marco teórico)</b>	 <b>14</b>	 <b>Diseño de detalle</b>	 <b>68</b>
Antecedentes	15	Definir geometría	69
Análisis de productos	19	Indicación de materiales	73
Análisis de tecnologías	23	Proceso de manufactura y producción	76
Oportunidad y segmento de mercado	29	Solución	78
Estrategia y limitaciones de manufactura	30	Conclusiones	82
Principios físicos	31		
Análisis de contexto de uso	34		
Análisis ergonómico	41		
 <b>Desarrollo de concepto</b>	 <b>47</b>	 <b>Bibliografía &amp; agradecimientos</b>	 <b>83</b>
Identificar al usuario	48	Bibliografía	84
Establecer requerimientos	50	Agradecimientos	85
Desarrollo de concepto	51		
Desarrollar propuestas	52		
Análisis de propuestas	56		
Seleccionar propuesta	59		
Evaluar y estimar costo y factibilidad	60		

# Introducción

Introducción	
Definición del problema	
Objetivos	
Justificación	
Alcances y limitaciones	
Relación empresa - ingeniero en diseño	
Marco metodológico	

# Introducción

Costa Rica es un país con una economía que depende principalmente del turismo y de la agroexportación. Muchas empresas compran productos de Costa Rica y utilizan las fincas para sembrar. Con 1.8 toneladas de banano exportadas en el último año 2016, la relevancia de la agricultura de estos productos en los ingresos del país es importante. Con esto, el país también está trabajando en su imagen como un país con un enfoque eco-amigable y empuja a sus empresas a seguir caminos de esta índole, como la certificación carbono central.

Empresas como Grupo Acón son líderes en esta industria y están trabajando en su lado ecológico. Hoy en día tienen un proyecto exitoso de energía a través de paneles solares, y están buscando cambiar sus sistemas logísticos para aprovechar esa energía con tecnología eléctrica. Estas empresas tienen también una responsabilidad social. Un sistema novedoso que agilice el proceso de manera eco amigable no solo genera menos contaminación para la comunidad local, si no que facilita y le da mejores condiciones a los trabajadores de las fincas, ya sea supervisores, operadores de maquinaria o recolectores.

Costa Rica puede ser un destino para agricultura óptimo, sin embargo, para destacar en este sector en comparación con otros países similares, hay que renovar el proceso industrial que lo lleva a cabo.

La propuesta actual, que utiliza mulas para halar el producto, requieren de mucho mantenimiento para los animales y no son siempre eficientes. Además, se está explotando un animal. En casos que se utilizan vehículos convencionales con motor, se quiere reemplazar éstos por vehículos que no contaminen tanto y se puedan utilizar con la energía limpia que la empresa cosecha. Una propuesta nueva refuerza todo lo dicho anteriormente.

# Definición del problema

## Planteamiento

Las plantaciones de banano son extensas y necesitan y para llegar a un punto o sección en específico hay una red de caminos que pueden ser una trayectoria larga. Además, cuentan con tipos de terreno a través del cual no todo tipo de vehículo puede transitar. Con un acercamiento hacia una Costa Rica carbono neutral y de recursos renovables, se busca movilidad y tecnología que sea amigable con el ambiente sin sacrificar la eficacia de los vehículos utilizados en la actualidad. Es decir, se puede aprovechar el sistema utilizado actualmente, como el de cable, sin embargo se debe reemplazar los vehículos contaminantes e ineficientes y los animales utilizados por su fuerza por un sistema novedoso, ecoamigable y eficiente. También, con un progreso hacia mejores estándares de vida se debe de buscar una manera de mejorar la salud laboral de los trabajadores y proveerles herramientas que les permitan un trabajo más seguro y eficiente.

## Problema

¿Cómo puede un funcionario de una plantación transportarse eficaz y cómodamente sobre un terreno difícil de transitar, con la posibilidad de cargar un racimo de banano y/o las herramientas necesarias para su extracción?

# Objetivos

## **Objetivo principal**

Diseñar un sistema para el transporte de funcionarios en plantaciones de banano

## **Objetivos específicos**

Construir un prototipo energéticamente eficiente y amigable con el ambiente que aproveche el recurso solar y la infraestructura de la empresa

Proveer comodidad y protección al usuario del vehículo ante problemas músculo-esqueléticos y peligros del ambiente.

Preparar el dispositivo con la capacidad de cargar muestras de producto y herramientas.

# Justificación

Costa Rica es un país con una economía que depende principalmente del turismo y de la agroexportación. Muchas empresas compran productos de Costa Rica y utilizan las fincas para sembrar. Con 1.8 toneladas de banano exportadas en el último año 2016, la relevancia de la agricultura de estos productos en los ingresos del país es importante. Con esto, el país también está trabajando en su imagen como un país con un enfoque eco-amigable y empuja a sus empresas a seguir caminos de esta índole, como la certificación carbono central.

Empresas como Grupo Acón son líderes en esta industria y están trabajando en su lado ecológico. Hoy en día tienen un proyecto exitoso de energía a través de paneles solares, y están buscando cambiar sus sistemas logísticos para aprovechar esa energía con tecnología eléctrica. Estas empresas tienen también una responsabilidad social. Un sistema novedoso que agilice el proceso de manera eco amigable no solo genera menos contaminación para la comunidad local, si no que facilita y le da mejores condiciones a los trabajadores de las fincas, ya sea supervisores, operadores de maquinaria o recolectores.

Costa Rica puede ser un destino para agricultura óptimo, sin embargo, para destacar en este sector en comparación con otros países similares, hay que renovar el proceso industrial que lo lleva a cabo.

La propuesta actual, que utiliza mulas para halar el producto, requieren de mucho mantenimiento para los animales y no son siempre eficientes. Además, se está explotando un animal. En casos que se utilizan vehículos convencionales con motor, se quiere reemplazar éstos por vehículos que no contaminen tanto y se puedan utilizar con la energía limpia que la empresa cosecha. Una propuesta nueva refuerza todo lo dicho anteriormente.

# Alcances y limitaciones

## **Alcances**

Desarrollar modelos de prueba funcionales

Elaboracion de un cuaderno tecnico

Modelado 3D

Fabricar un prototipo para validación

## **Limitaciones**

La maquinaria para construir y hacer pruebas es costosa y de difícil acceso.

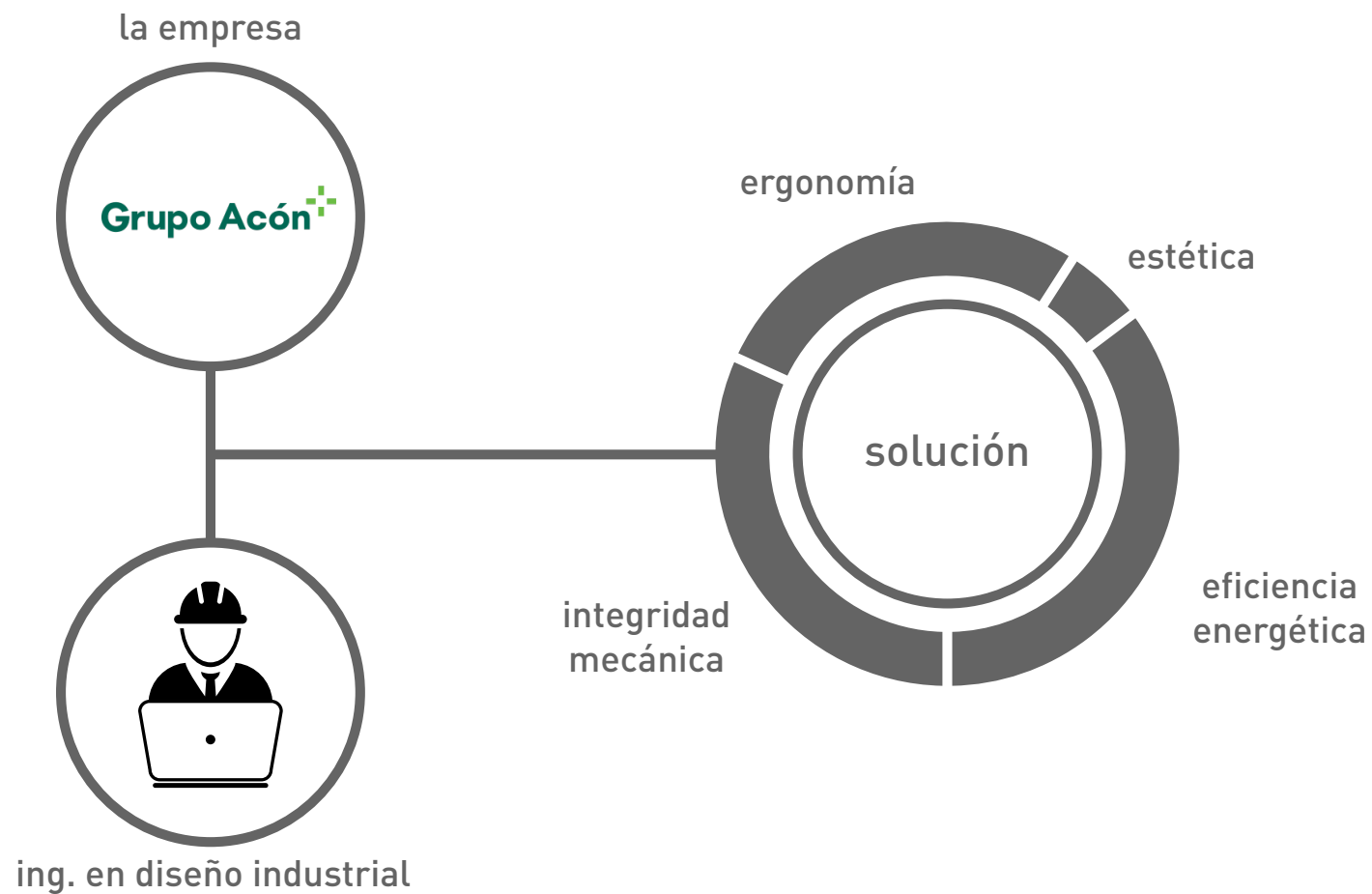
Las plantaciones quedan lejos, por lo cual se hacen sólo las visitas necesarias al contexto de uso.

El tiempo de 16 semanas es corto para el desarrollo de un dispositivo 100% funcional.

El diseñador no se especializa en programación e ingeniería mecánica para desarrollar componentes internos, por lo cual quedaran planteadas a nivel de idea para su posterior desarrollo

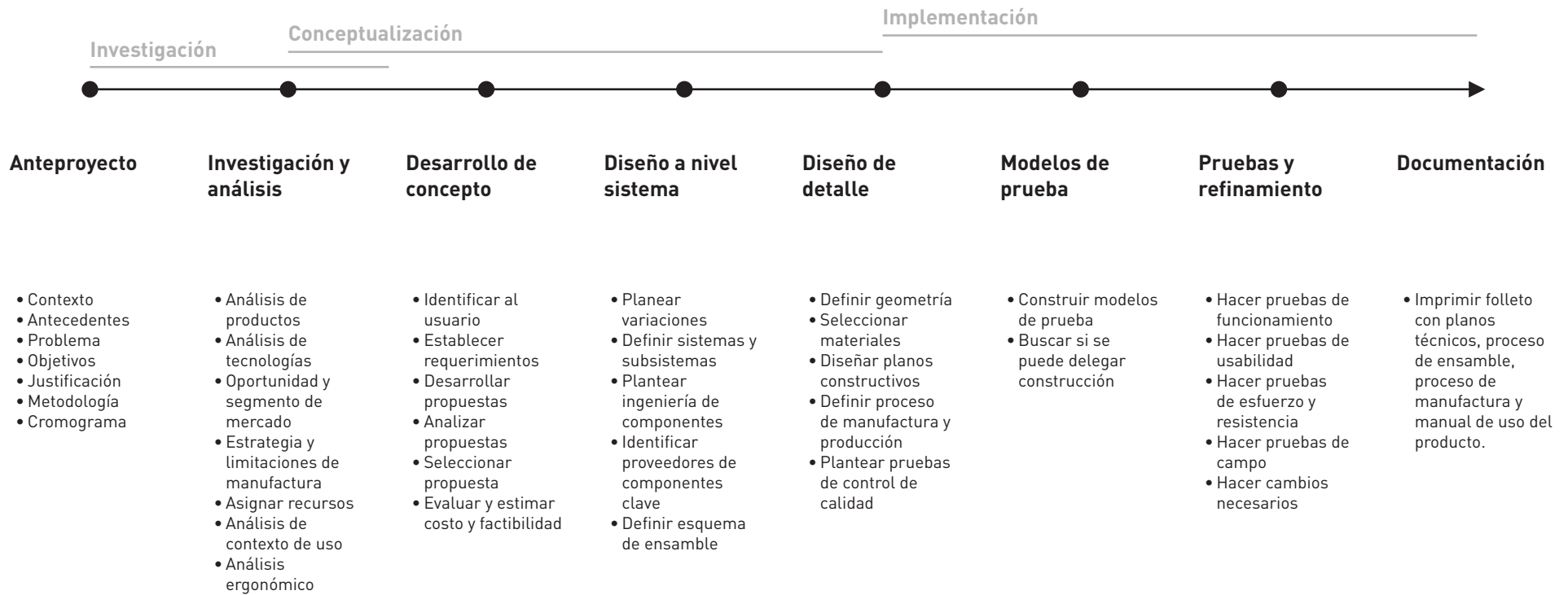


# Relación empresa - ingeniero en diseño



# Marco metodológico

Metodología basada en *Diseño y desarrollo de productos* de Ulrich y Eppinger, así como metodologías tomadas de cursos de Diseño I, III, V y VII.



# FASE 1:

## Investigación & análisis

Antecedentes

Análisis de productos

Análisis de tecnologías

Oportunidad y segmento de mercado

Estrategia y limitaciones de manufactura

Principios físicos

Análisis de contexto de uso

Análisis ergonómico

# Antecedentes: El banano en Costa Rica

## La industria del banano

El banano tiene más de 100 años de ser exportada de Costa Rica. Existen plantaciones en la zona de Pirris, Golfito y Limón y en la actualidad existen más de 42 000 hectáreas de plantación en el país.

Se exporta un promedio de 100 millones de cajas anuales 0 1.8 millones de toneladas métricas de banano.

Estas plantaciones tienen un proceso de recolección y otro de transporte. En su mayoría se contrata trabajadores que cortan el fruto y lo acumulan para su acopio y selección. Las plantaciones se dividen en secciones y siempre hay funcionarios encargados de la inspección del personal o del producto.

El terreno es lodoso o de lastre en el 100% de las plantaciones. Las plantas de banano tienen espacio para que una persona camine entre ellas con facilidad. Entre las plantas puede haber espacios de entre 50 cm y 1 m de espacio, sin embargo el promedio de espacio de un pasadizo entre grupos de plantas es de 1,50 m de ancho.

Entre los sistemas utilizados para la recolección de producto y transporte de usuarios, se encuentra el sistema por cables, que hoy en día en el contexto costarricense es manual y necesita de un operario, el cual se encarga de dirigir a una mula que funciona como el sistema motriz del sistema. El sistema de cables tiene una red de cables en toda la plantación.

Otro sistema convencional es el de las motos o cuadracillos, que funcionan bien pero al funcionar con gasolina dañan el ambiente y además pueden encontrar limitaciones en partes que el lodo es muy profundo.

### Problemática del usuario

Las condiciones de trabajo de los trabajadores de plantaciones bananeras han mejorado mucho, pero igualmente hay muchos agentes externos que afectan y además hay características biomecánicas y ergonómicas que afectan la salud laboral.

El usuario debe de cargar un peso grande cuando es él quien hala los racimos. Cuando se sienta en la hamaca no tiene apoyo directo para sus brazos, glúteos y espalda, lo cual hace que este ande en una posición incómoda y generar problemas musculoesqueléticos.

En el caso de inspectores específicamente, el problema se centra principalmente en el recorrido de largas distancias a través de la finca. El recorrido es largo para inspeccionar la plantación entera y las condiciones que puede llegar a haber hacen el recorrido más difícil. Se requiere un tránsito rápido entre las ramas de los cables vía.

### Qué es y qué se necesita

La necesidad recae principalmente en el transporte de usuarios aprovechando las instalaciones de la plantación al máximo, es decir, si la plantación tiene caminos o sistemas de cable vía. Los usuarios deben de recorrer alrededor de 10 km de distancia en terrenos muy irregulares, con la posibilidad de cargar racimos o herramientas necesarias.

El terreno puede estar mojado y puede que haya condiciones de lluvia o de viento fuerte como es usual en el Caribe. La constante exposición al sol pone en peligro la condición de los trabajadores también.

# Antecedentes: Grupo Acón



## La empresa

Grupo Acón es una empresa familiar que se formó hace 28 años. Se ha dedicado a la agricultura, específicamente a la producción y exportación de banano y piña. Sus 40 fincas se encuentran principalmente en Limón, en las áreas de Guápiles y Matina. Ha tenido historial de conflicto con trabajadores como toda empresa de agricultura en Costa Rica y está encaminándose a ser una empresa justa y sostenible no sólo con la sociedad si no con el medio ambiente.

## Los problemas

- Tienen un historial de maltrato al trabajador de las bananeras, pues las condiciones no son adecuadas
- Las mulas requieren de mantenimiento, cuidado y alimentación, además, le da la imagen ala empresa de explotación animal
- El mantenimiento y la salud laboral causan atrasos en la producción

## Deseos de la empresa

- Reducir costos de producción para la empresa
- Aprovechar la planta de paneles solares
- Mejorar la condición de trabajo de los operarios y funcionarios
- Agilizar el movimiento por las plantaciones
- Alcanzar la imagen de Carbono Neutral en la empresa

## Lo que ya tienen:

La empresa tiene alrededor de 30 fincas en el área de Guápiles y Matina.

Todas las fincas tienen el sistema de cable vía implementado, donde utilizan cables de acero con roldanas transportar los racimos de banano desde las plantas hasta la estación de selección. En cada finca tienen entre 2 o 3 mulas para halar la serie de racimos.

En el 2017 implementaron más de 6000 paneles solares en 39 instalaciones bajo una inversión con Greencredit de \$2 millones de dólares.

Los paneles solares generan un pico de potencia de 1,67 mega-watts para generar 2.17 giga-watts hora por año, capaz de generar electricidad para 725 hogares.

# Antecedentes: Grupo Acón

## El programa Carbono Neutral y sostenibilidad

### Qué es el Carbono Neutro?

Carbono Neutral, Carbono Neutro o C-Neutro es el uso de prácticas que llevan al balance entre la cantidad de emisiones que esta produce hacia el ambiente y las acciones que llevan a la reducción y remoción/compensación de gases de efecto invernadero de un individuo o sociedad en un período de tiempo que se pueda validar.

Se logra mejorando los procesos de producción para que éstos sean más eficientes y se optimicen para que gasten menos energía o dañen menos el ambiente. Se busca también aprovecharse de fuentes de energía alternativas.

La organización también debe de velar por la protección de bosques del país, o bien ayudar a restaurarlos o crearlos, para crear más fuentes de filtrado de CO<sub>2</sub> en el país.

### Qué hay que hacer?

1. Cuantificar el inventario de emisiones.
2. Planificar o implementar acciones
3. Planificar o implementar acciones o proyectos de remoción
4. Establecer y mantener procedimientos
5. Elaborar un informe de GEI
6. Realizar una auditoría interna
7. Realizar una evaluación de la organización

### Ventajas de ser C-Neutro

- Reduce costos operativos al ser eficiente.
- Consiguen prestigio al ser empresa verde
- Se puede aprovechar recursos para uso en la empresa
- Logra combatir el cambio climático
- Influencia el ambiente local a desarrollarse en bajas emisiones
- Logra concientizar el cuerpo laboral y la población que los rodea
- Provee un espacio más saludable para los locales y empleados

Fuente: Universidad Earth, 2018.

### Qué es la sostenibilidad?

La sostenibilidad como concepto apareció en 1987 con el informe de Brundtland, elaborado para las Naciones Unidas. Habla principalmente sobre las desventajas y consecuencias negativas que pueden llegar a tener el desarrollo económico y la globalización hacia el medio ambiente.

La solución hasta el día de hoy es concientizar y convencer a las economías mundiales a producir y suplir las actuales generaciones sin poner en peligro el futuro del planeta. Para esto se desarrolló 3 pilares de la sostenibilidad: la protección al medio ambiente, el desarrollo social y el crecimiento económico.

Se debe de considerar que la naturaleza no es inagotable y se necesita proteger y utilizar de manera racional. También se debe de considerar alcanzar niveles satisfactorios de calidad de vida, sanidad y educación. Por último, se debe de promover un crecimiento económico equitativo para todos sin dañar el medio ambiente.

Fuente: Sostenibilidad para todos, 2018.

# Antecedentes: Grupo Acón

## Requerimientos solicitados

Solicitud	Deseable o necesario	Respuesta	cuantificación
Rapidez variable	Deseable	Interfaz de manejo	Km/h
Acople para racimos	Deseable	Diseño estandarizado	-
Aguantar 150+ kg	<b>Necesario</b>	Material/estructura	kg
Liviano	<b>Necesario</b>	Material/estructura	kg
Cargar herramientas	Deseable	Forma	-
Luz	Deseable	Iluminación integrada	Lumen - V
Multidirección	<b>necesario</b>	portabilidad y modificabilidad	-
Cargar 1 persona	<b>Necesario</b>	Asiento dedicado	kg
Uso de paneles solares	deseable	Sistema motriz eléctrico	V - W
Buena autonomía	Deseable	Espacio para combustible	Wh
Protección del sol y lluvia	Deseable	Cubierta	-
Aguantar pendiente de 1%	<b>necesario</b>	Potencia en sistema motriz	W - HP - Nm
Recorrer 10 km	<b>Necesario</b>	Espacio para combustible	Wh
Apoyo para pies	<b>Necesario</b>	Diseño ergonómico	-
Bajo costo	Deseable	Materiales y manufactura	\$
Estética	Deseable	Material y acabado	-

### La empresa

Se hizo visita a los usuarios y la empresa para conocer las necesidades expresadas por ellos, además de observarlos cómo operan.

Con esto entonces se produjo esta tabla y se asignó al requerimiento si es deseable o necesario.

# Análisis: sistemas existentes

## Mulas y mulero tradicional



### Contexto de uso

Se utiliza en plantaciones de todo tipo, principalmente en agricultura con productos que tienen un área extensa de plantación, además, son en gran cantidad y recorren un largo camino.

### Características

El sistema tiene una mula que hala por medio de una cuerda el resto de la carga incluyendo al operario, el cual va sentado en un tipo de columpio. El asiento tiene solamente un apoyo en el cable y la mula tiene tracción en la tierra.

### Especificaciones

Mula  
60 cm de ancho  
170 cm de largo incluyendo la mula  
150 cm de alto

### Funcionamiento

La mula es manejada por el operario y camina aproximadamente 15 km/h. Una cuerda amarrada a ella se une al resto de la carga. El columpio se mueve porque el hombro del operario está detrás las cuerdas que lo sostienen, mientras que el operario se agarra de la cuerda que usa la mula para halar la carga.

## Eurasia-Consult Aerial Tractor



### Contexto de uso

Se utiliza en plantaciones de todo tipo, principalmente en agricultura con productos que tienen un área extensa de plantación, además, son en gran cantidad y recorren un largo camino.

### Características

El sistema consiste en un marco de metal que tiene un motor Diésel y motores hidráulicos y a la vez incluye un asiento sin respaldo ajustable con techo. Tiene 2 apoyos sobre el cable.

### Especificaciones

x1 Motor a diésel con 11 HP  
x2 motores hidráulicos  
60-70 cm de ancho  
100-120 cm de largo

### Funcionamiento

Tiene un motor Diésel que se encarga de darle la potencia requerida al motor o bomba hidráulica, la cual transfiere energía por medio de aire a presión mediante mangueras al rotor que se conecta con cadenas a una rueda con superficie plástica que se une al cable.



# Análisis: sistemas existentes

## Tarbato



### Contexto de uso

Zonas de agricultura y pueblos o zonas de habitación sin transporte público.

### Características

El sistema necesita un operario que pedalee para mover el sistema. El sistema tiene 1 o 2 asientos dependiendo de la construcción. El usuario tiene un asiento tipo silla con respaldo fijo, posicionado en el marco sobre los pedales.

### Especificaciones

Marco de hierro  
Transmisión de 3 velocidades  
50 cm de ancho  
Mínimo de 150 cm de largo  
150 cm de alto

### Funcionamiento

El usuario pedalea y mueve un sistema con transmisión que está conectado por medio de cadenas a las roldanas y así impulsa el vehículo.

## Araña de Universidad EARTH



### Contexto de uso

Plantaciones y zonas de agricultura

### Características

El sistema necesita un operario, el cual activa el movimiento por medio de una válvula situada en la parte de las mangueras. Al sistema se le puede adicionar un asiento que se une al sistema de la araña por un extremo y las roldanas de racimos en otro.

El sistema está apoyado en el cable en 2 puntos y el centro de masa está en la parte inferior.

### Especificaciones

x 1 Motor de combustión interna biodiesel de 5 HP  
x 2 Motor hidráulico  
50 cm de ancho  
170 cm de largo (sin asiento)  
130 cm de alto  
Marco de hierro

### Funcionamiento

El motor funciona con biodiesel y se enciende con una cadena de distribución. Este motor está conectado con mangueras con fluidos a los motores hidráulicos. Estos motores son los que mueven los rodines de las roldanas y empujan el vehículo en una dirección.

La apertura de la válvula determina la cantidad de fuerza que transmite el motor de combustión a los hidráulicos, por ende determina la rapidez con la que éste se mueve.

# Análisis: sistemas existentes

## Matriz comparativa

Característica	Causa	Mula	Eurasia-C	Tarbato	Araña	Categoría
Ligereza	Utiliza muy poco material	3	1	2	1	Eficiencia Energética
Autonomía	No requiere de algún combustible o recarga	4	2	4	2	
Rapidez necesaria	La mula y el motor generan suficiente energía para hacer trabajo	4	4	3	3	
Amigable con el ambiente	No despiden gases o secreciones contaminantes	2	1	4	1	
Menor esfuerzo	Tiene una máquina que evita el esfuerzo del usuario	3	4	1	4	ergonomía
Ergonomía	El asiento se ajusta con niveles	0	3	2	0	
Comodidad	Tiene respaldo y la superficie de curva para acomodar al usuario	1	2	2	1	
Seguridad	Tiene un asiento y soporte para extremidades	0	2	2	1	
Sanidad	Provee protección ante el clima y no despiden gases peligrosos	3	2	3	2	
Estética	Tienen acabado básico	0	2	2	1	Estética
Tamaño	No tiene que acomodar tantos componentes	3	2	1	2	Integridad física y mecánica
Estabilidad	Tiene puntos de apoyo separados en el cable pero el centro de masa está muy lejos de ese punto	1	3	2	2	
Robustez	Tiene un marco resistente y materiales mecánicamente resistentes	0	4	3	4	
Menor costo mantenimiento	No requiere recarga/combustible, alimentación, mantenimiento mecánico o veterinario	2	3	4	3	Costo
Menor costo inicial	Son componentes simples y baratos y manufactura simple	1	2	3	2	
Multidirección	Se puede dar vuelta al sistema por completo	0	0	0	2	Manejabilidad
SUMA		27	37	38	31	

# Análisis: sistemas existentes

## Matriz comparativa

### Observaciones generales

Se puede observar que al comparar los sistemas existentes, el sistema que no tiene motor es el que tiene mayor puntuación. Esto es porque es el que tiene menor costo de producción y a la vez es más saludable para el usuario.

Sin embargo se puede observar que el segundo lugar no está muy lejos, pues hay otros aspectos importantes como la ergonomía que se consideran en este sistema que no se consideran en el ganador, por más que este tenga más comodidad al tener asientos y respaldar.

La suma es para considerar por qué un sistema tiene mayor puntuación y sacar las características que causaron eso, así como ver por qué los otros no tuvieron mayor puntuación.

### Observaciones específicas

Ningún sistema considera la estética, pues son meramente funcionales e industriales y no necesitan de semántica de percepción por parte de usuarios para comprarlo.

En el Eurasia consult el asiento industrial y meramente ergonómico por su ajustabilidad, lo cual le gana el podio.

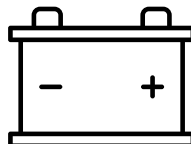
# Análisis: tecnologías

## Tecnología utilizada en sistemas móviles eléctricos



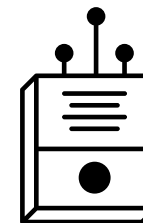
### Motores eléctricos

Existe una variedad inmensa para diferentes usos. Deben tener la potencia para mover un peso de la estructura y el operador de la máquina, así como poder halar entre 75 y 100 racimos de banano. Los motores se definen por sus especificaciones de movimiento y energía como la **potencia**, usualmente mostrada en Watts o caballos de fuerza, el **torque**, usualmente medido en libra pie o Newton metro, la velocidad angular o **revoluciones por minuto**, la **corriente** en amperios y la **tensión** en voltios.



### Baterías

Deben proveer suficiente tensión para que los motores puedan funcionar en su máxima potencia. Varias baterías en serie pueden aumentar el voltaje o tensión, sin embargo la corriente sigue igual. Los motores tienen una capacidad máxima de corriente, si se excede se debe de utilizar drivers. Su valor **amperios hora** define la cantidad de tiempo que dura antes de descargarse dependiendo de cuanta corriente pasa a través de ella.



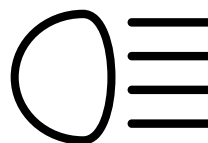
### Drivers

Deben proveer suficiente tensión para que los motores puedan funcionar en su máxima potencia. Varias baterías en serie pueden aumentar el voltaje o tensión, sin embargo la corriente sigue igual. Los motores tienen una capacidad máxima de corriente, si se excede se debe de utilizar drivers. Su valor **amperios hora** define la cantidad de tiempo que dura antes de descargarse dependiendo de cuanta corriente pasa a través de ella.



### Aceleración/deceleración

Para que el usuario controle la potencia del motor eléctrico éste debe de tener una interfaz de por medio que le permite acelerar de manera gradual el motor. También está la opción de freno, la cual no es tan necesaria si es un vehículo de baja velocidad y eléctrico, ya que el mismo motor al dejar de acelerar frena el sistema.



### Iluminación

Si se va a transitar en el exterior por lugares oscuros o densos, o si se va a transitar en horas tardías, o bien si se va a transitar en lugares donde hay peatones, es necesario que el vehículo cuente con iluminación.

### Observaciones

Existen varios sistemas o tecnologías que forman parte siempre de un sistema de movilidad eléctrico, sin embargo estos 5 son indispensables en un sistema que se mueve en el exterior a cualquier hora del día. Sin embargo, todos estos componentes tienen variaciones con desventajas y ventajas que se deben de analizar.

# Análisis: tecnologías

## Tipos de motores eléctricos



**Motor universal AC/DC**

Funcionan con ambas corrientes AC o DC, pero requieren controladores específicos para cada corriente. Se utilizan mucho en electrodomésticos como lavadoras y taladros.



**Motor AC síncrono**

Son motores análogos de alta precisión, por lo cual se utilizan en relojes análogos. También se le llama Selsyn o Synchro. Es similar a un motor de inducción, el primer motor AC desarrollado por Nikola Tesla.



**Motor DC Shunt**

Es un motor análogo cuya velocidad y torque dependen principalmente de la carga que están halando o soportando. Por esto se utilizan en bandas sinfín donde no importa cuantas cajas se coloquen la banda se mueve a la misma velocidad.

Ventajas	+	Desventajas	-
Alto torque inicial Compacto Funciona con ambas AC y DC		Requiere de alta tensión Es menos eficiente Requiere mantenimiento en escobillas	

Ventajas	+	Desventajas	-
Provee una velocidad constante definida por la frecuencia AC		No puede manejar torque variable Puede detenerse	

Ventajas	+	Desventajas	-
Su velocidad es auto-regulada según peso		Tiene forma alargada Tienden a ser más caros Alta corriente	



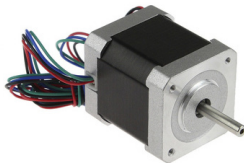
**Motor DC con escobillas (brushed)**

Son los motores más simples y primitivos de la industria, lo cual los hace más baratos pero a la vez menos eficientes y de mayor mantenimiento. Se utilizaron primero en trolleys.



**Motor DC sin escobillas (BLDC)**

Estos motores se hicieron principalmente para mejor rendimiento en espacios pequeños. Su tamaño es pequeño incluso con el controlador que ya traen adjunto, el cual es necesario por su naturaleza AC.



**Motor DC Stepper**

Es un tipo de motor sin escobillas que se mueve en secciones de revolución a la vez. Se utiliza principalmente en pequeños tamaños para componentes de computación como discos duros, impresoras y robótica.

Ventajas	+	Desventajas	-
Tiene muchas aplicaciones Fácil manejo de velocidad con la tensión Buen torque		Velocidad limitada Puede calentarse Requiere mantenimiento de escobillas regular	

Ventajas	+	Desventajas	-
Mayor eficiencia Control de velocidad preciso Larga vida Menos caliente Menor mantenimiento		Los brazos extendidos causan dolor en las manos y calambres en hombros. La posición tiente al usuario a reclinarse en el sillín.	

Ventajas	+	Desventajas	-
Movimiento preciso Silencioso		Movimiento digital, el cual no es suave	

# Análisis: tecnologías

## Tipos de baterías recargables



### Níquel cadmio

Se encuentran en varios tamaños, incluyendo los tamaños de baterías alcalinas de AAA a D. Se unen usualmente en paquetes de varias.

#### Propiedades generales

Energía específica: 40-60 W-h/kg  
Densidad de energía: 50-150 W-h/L  
Potencia específica: 150 W/kg  
Eficiencia carga/descarga: 70-90%  
Tasa de autodescarga: 10%/mes  
Durabilidad de ciclo/vida: **2000 ciclos**  
Voltaje nominal de pila: 1.2V

Precio: medio

#### Aplicaciones

Dispositivos portátiles  
Electrónica  
Juguetes  
Arranque de aviones  
Suplidoras de energía

<b>+</b> Ventajas	<b>+</b> Liviano Buen balance entre propiedades
<b>■</b> Desventajas	<b>■</b> Efecto memoria



### Ion de litio

En esta hay iones de litio migrando que se devuelven una vez se carga. Existe en varios tipos, unos más seguros que otros por sus componentes químicos. Las baterías de litio son de las más peligrosas y contaminantes si no se es cuidadoso.

#### Propiedades generales

Energía específica: **100-265 W-h/kg**  
Densidad de energía: **250-693 W-h/L**  
Potencia específica: 250-340 W/kg  
Eficiencia carga/descarga: **80-90%**  
Tasa autodescarga: 2%/mes  
Durabilidad de ciclo/vida: 400-1200 ciclos  
Voltaje nominal de pila: **3.85V**

Precio: alto

#### Aplicaciones

Dispositivos móviles  
Dispositivos médicos  
Herramientas de hogar

<b>+</b> Ventajas	<b>+</b> La más liviana No tiene liquido En cualquier forma y tamaño Buenas propiedades
<b>■</b> Desventajas	<b>■</b> Peligro de explosión Requiere un sistema sofisticado en vehículos



### Níquel-Hidruro de metal

Es una reacción química similar a la de níquel cadmio. Tienen alta capacidad y densidad energética. Para comparar, tiene 3 veces mas capacidad que la de níquel cadmio. No son susceptibles al efecto memoria.

#### Propiedades generales

Energía específica: 60-120 W-h/kg  
Densidad de energía: 140-300 W-h/L  
Potencia específica: **250-1000 W/kg**  
Eficiencia carga/descarga: 66-92%  
Tasa autodescarga: **1.3-2.9%/mes (20°C)**  
Durabilidad de ciclo/vida: 180-2000 ciclos  
Voltaje nominal de pila: 1.2V

Precio: medio

#### Aplicaciones

Dispositivos de alto drenaje

<b>+</b> Ventajas	<b>+</b> Buen ciclo de vida Buen rendimiento a baja temp. Capacidad total en descarga total
<b>■</b> Desventajas	<b>■</b> Efecto memoria



### Plomo-Ácido

Es la batería menos costosa y confiable para trabajos pesados. Es de los tipos de batería recargable mas antiguos.

#### Propiedades generales

Energía específica: 33-42 W-h/kg  
Densidad de energía: 60-110 W-h/L  
Potencia específica: 180 W/kg  
Eficiencia carga/descarga: 50-70%  
Tasa autodescarga: 2-10%/mes (20°C)  
Durabilidad de ciclo/vida: 30-300 ciclos  
Voltaje nominal de pila: 2.1V

Precio: **Bajo**

#### Aplicaciones

Paneles solares  
Automóviles  
Alta corriente

<b>+</b> Ventajas	<b>+</b> Fácil de conseguir Barato Robusto
<b>■</b> Desventajas	<b>■</b> Vida corta Alto mantenimiento Densidad de energía inadecuadas

### Datos importantes

#### Efecto memoria

Se trata de un efecto en el que la batería pierde cantidad de carga total por no ser descargada/cargada totalmente.

#### Tensión/Voltaje

Las baterías tienen un voltaje y se pueden apilar para aumentar la tensión.

#### Amperio-hora

Es una propiedad de la batería que dice cuánto tiempo va a durar la batería si una corriente pasa a través de ella.

Si una batería tiene 36 Ah, tomaría 1 hora en descargarse si una corriente de 36 Amperios pasa por ella.

# Análisis: tecnologías

## Interfaces con las que interactúa el usuario



### Joystick

Tienen varias direcciones en ejes x y y, o en casos específicos solamente en un eje. Su mecanismo permite definir con graduación la cantidad de potencia necesaria.

Ventajas	+	Desventajas	-
Intuitivo Fácil de conseguir		Costoso	



### Botón o switch

Hay diversos tipos, todos se relacionan con el hecho de que están en posición 1 o 0. Esto quiere decir que solo pueden encender o apagar y no regular o graduar cantidades.

Ventajas	+	Desventajas	-
Intuitivo Fácil de conseguir		Tiene solo 1 dirección Necesita mas de 1	



### Pedal

Capaz de graduar en una dirección la cantidad de potencia o aceleración. Se utiliza con el pie. Es común en vehículos con suelo y asientos grandes.

Ventajas	+	Desventajas	-
Intuitivo Regulable		Puede llegar a estorbar	



### Acelerador de mano

El acelerador rota en el mismo eje en el que se encuentra situado, usualmente un tubo metálico o manubrio. Es común en bicicletas, motocicletas o scooters eléctricos o de combustión.

Ventajas	+	Desventajas	-
Intuitivo Regulable Cómodo Relacionado a realidad		Costoso Hay que modificarlo	



### Pantalla táctil

Utilizadas en maquinarias estacionarias se pueden programar para definir la interfaz, que puede tener la cantidad de direcciones que el programador desee y a la vez definir la cantidad de potencia.

Ventajas	+	Desventajas	-
Se puede modificar		Costoso No compatible con ambiente	



### Perilla

Es graduable y se rota para definir la cantidad deseada. Contrario a otras interfaces graduables, esta se queda fija en la cantidad en la que se posicionó, en vez de volver a 0 cada vez que se suelta.

Ventajas	+	Desventajas	-
Movimiento preciso Silencioso		Movimiento digital, el cual no es suave	



# Análisis: tecnologías

## Materiales de construcción



### Fibra de carbono

Son fibras compuestas principalmente por átomos de carbono que tienen un diámetro de entre 5 y 10 micrómetros. Usualmente se utiliza como compuesto, mezclado con resinas.

#### Propiedades generales

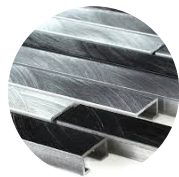
Densidad:	2000 kg/m <sup>3</sup>
Peso específico:	-
Razón fuerza-peso:	2457
Modulo de Young:	181 GPa
Resistencia a UV:	baja para la resina
Resistencia a corrosión:	Alta
Conductividad:	sí
Módulo Weibull:	1600 MPa
Expansión térmica:	2 in/in·F°
Conductividad térmica:	24 W/(m·K)

Precio:	Muy alto
---------	----------

#### Tipos de presentación

Modulo bajo  
Modulo intermedio  
Modulo Alto

<b>+</b> Ventajas	Liviano Alta fuerza tensil Baja expansión termal Alta resistencia química Alta rigidez
<b>■</b> Desventajas	Muy costoso Poco común Debe trabajarse o producirse



### Aluminio

Metal liviano y maleable pero de alta rigurosidad estructural. Se utiliza en muchas estructuras muebles e inmuebles, como automóviles, aviones y mobiliario.

#### Propiedades generales

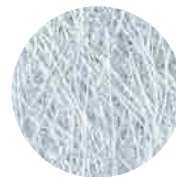
Densidad:	2700 kg/m <sup>3</sup>
Peso específico:	2.7 kg/dm <sup>3</sup>
Razón fuerza-peso:	204
Modulo de Young:	69 GPa
Resistencia a UV:	alta
Resistencia a corrosión:	Media
Conductividad:	sí
Módulo Weibull:	248 MPa
Expansión térmica:	13 in/in·F°
Conductividad térmica:	200 W/(m·K)

Precio:	medio-alto
---------	------------

#### Tipos de presentación

AA 1100  
AA 2024  
AA 6061  
AA 6063  
AA 7075

<b>+</b> Ventajas	Maleable Liviano Fuerte
<b>■</b> Desventajas	Costoso Corroible



### Fibra de vidrio

Se trata de plástico reforzado por fibras, consiste en fibras muy finas de vidrio mezcladas con resinas, usualmente epóxicas. Se vende cosida en una tela o en fibras desordenadas.

#### Propiedades generales

Densidad:	2600 kg/m <sup>3</sup>
Peso específico:	-
Razón fuerza-peso:	1307
Modulo de Young:	45 GPa
Resistencia a UV:	baja para la resina
Resistencia a corrosión:	Alta
Conductividad:	no
Módulo Weibull:	100 MPa
Expansión térmica:	7 in/in·F°
Conductividad térmica:	2 W/(m·K)

Precio:	medio
---------	-------

#### Tipos de presentación

S-Glass  
E-glass  
Poliéster y pedazos  
Poliéster y fibras entrelazadas  
Poliéster y tela

<b>+</b> Ventajas	Liviano Fácil de conseguir
<b>■</b> Desventajas	Frágil Necesita acabado



### Acero

Es de los materiales más antiguos y comunes en materia de construcción. Es un material abundante y por eso es barato y se consigue en muchos puntos del país.

#### Propiedades generales

Densidad:	8000 kg/m <sup>3</sup>
Peso específico:	7.8 kg/dm <sup>3</sup>
Razón fuerza-peso:	46.4
Modulo de Young:	200 GPa
Resistencia a UV:	alta
Resistencia a corrosión:	Baja
Conductividad:	sí
Módulo Weibull:	700 MPa
Expansión térmica:	7 in/in·F°
Conductividad térmica:	54 W/(m·K)

Precio:	medio
---------	-------

#### Tipos de presentación

Acero de carbono  
Aleación metálica  
Inoxidable  
Acero de herramienta

<b>+</b> Ventajas	Fácil de conseguir Barato Robusto
<b>■</b> Desventajas	Necesita acabado Corroible Pesado

### Datos importantes

#### Módulo de Young

Resistencia de materiales ante extensión y compresión.

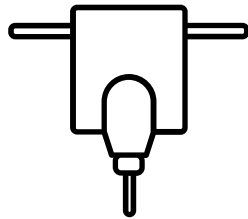
#### Módulo de Weibull

Modulo medido en pascuales que mide cuánto se puede estirar un material antes de ceder.



# Análisis: tecnologías

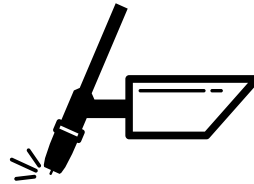
## Herramientas de manufactura



### Corte CNC

El corte por control numérico (CNC) es un servicio que se da en varios talleres de Costa Rica. Funciona con láminas de varios materiales de un grosor máximo. Es costoso.

Ventajas	+	Desventajas	-
Alta precisión Automatizado		Pocos lugares Costoso Dura más Se come un poco el material	



### Corte en plasma

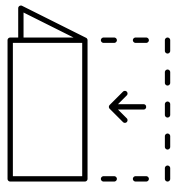
El corte de plasma funciona para materiales más duros de penetrar y además puede llegar más profundo. Es escaso y costoso pero logra dimensiones precisas.

Ventajas	+	Desventajas	-
Alta precisión Automatizado Rápido		Pocos lugares Costoso Se come un poco el material	

### Corte con sierra cinta

El corte en sierra cinta es de los corte manuales más precisos. Se le puede dar forma a láminas sin desperdiciar mucho material.

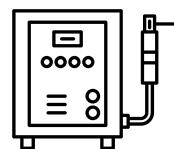
Ventajas	+	Desventajas	-
Corte preciso Menos costoso		Requiere la máquina Se necesita destreza manual	



### Dobladora de metal

En varios casos puede ser de conveniencia utilizar una dobladora de metal para doblar láminas y no tener que pegar láminas de manera perpendicular.

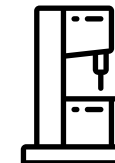
Ventajas	+	Desventajas	-
Doblaje preciso		Pocos lugares lo ofrecen	



### Soldadura MIG

Existen varios tipos de soldadura, pero la soldadura MIG es la más eficiente, rápida y precisa. Consiste en varillas enrolladas que se alimentan de manera electrónica a la boquilla se soldadura.

Ventajas	+	Desventajas	-
Rápido Preciso Eficiente		Costoso Pocos lugares con máquina	



### Fresadora

la fresadora permite sujetar la broca y la pieza que se desea taladrar de manera precisa y sin movimiento.

Ventajas	+	Desventajas	-
Altamente preciso Requiere preparación		Máquina costosa	

# Oportunidad: segmento de mercado

Para fines de este proyecto, no es necesario hacer búsqueda de potenciales clientes pues se está trabajando directamente con la empresa Grupo Acón y se está desarrollando una solución para optimizar sus sistemas y su línea de producción. Es decir, es un proyecto exclusivo a petición de ellos.

No obstante, es relevante mencionar las aplicaciones que puede tener un producto de esta categoría. No se debe de dejar de lado la posibilidad de utilizar unidades del producto para ganancia de la empresa que lo utiliza en sus procesos, es decir, producirlo y venderlo a otras empresas que utilicen un sistema similar y se pueda adaptar al producto.

Según la corporación Bananera de Costa Rica, existen más de 14,000 fincas (INEC, 2014) de plantación bananera en todos el país, además, se exporta 1,8 millones de toneladas métricas de banano hacia el exterior. (Corbana, 2009)

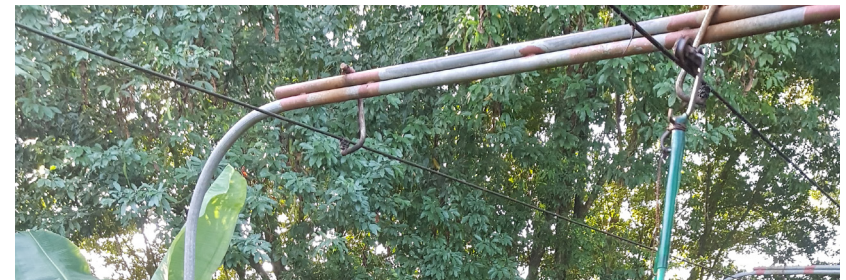
En Costa Rica hay numerosas fincas de banano grandes y medianas, las cuales se podrían beneficiar de un sistema que mejore su proceso de recolección e inspección.

No sólo la industria bananera puede ser beneficiada, pues hay otras industrias que utilizan sistemas de monorriel o cable vía. Se puede tomar como ejemplo la industrias tal y como lo propone Krishnapillay en su diseño de sistema de cable vía para el transporte de caña de azúcar (2012) o como lo propone Fontanilla en su sistema para plantaciones de palma africana. Ambos productos también son cultivados en Costa Rica en grandes cantidades y se beneficiarían de un sistema más eficiente, sin embargo la condición de los terrenos de este tipo de plantación no presenta las mismas desventajas y necesidades que presenta una plantación de banano.

Además, como se vio en el sistema de Tarbato presentado en el apartado de análisis de lo existente, el sistema se puede aplicar como un sistema de transporte público sin necesidad de tener un nexo con la agricultura o la industria agropecuaria.



*Transporte de palma africana*



*Transporte de banano*



*Transporte de personas*

# Manufactura: estrategia y limitaciones

## Limitaciones

Las principales limitaciones de manufactura para un proyecto de esta categoría en un país como Costa Rica son la falta de materiales especiales para construcción, componentes eléctricos o electrónicos para estos fines de alta calidad y eficiencia y mano de obra preparada para procesos de manufactura precisos y eficientes.

En el caso de la empresa Grupo Acón, no tienen talleres completos especializados para la producción y preparación de este tipo de sistemas.

Los talleres que tienen son meramente de mecánica para el mantenimiento de sus automóviles, camiones y motocicletas.

También tienen talleres en los que trabajan metal y madera para la construcción del sistema de cable vía así como reparación y construcción de sus instalaciones, como casas, oficinas, almacenes y armazones necesarias para la recolección de piña o de banano.

Muchos de los servicios especializados se van a tener que delegar a San José o Cartago, que se encuentran a una hora y media de viaje hacia Guápiles o Matina, donde se concentra la mayoría de fincas de Grupo Acón.

## Estrategia

Una vez listo el proyecto, se definen los pasos del proceso de manufactura.

Es un trabajo que requiere de trabajo en metal, por lo cual se debe de considerar talleres de metal-mecánica con los siguientes sistemas.

### Sistemas de corte

Se debe de cortar las laminas y piezas que se van a unir en la estructura.

### Sistemas de taladro

Se debe de hacer huecos para tornillos que formen topes o unan piezas.

### Sistemas de soldadura

Se debe tener una máquina de soldar con su varilla necesaria para el material que se vaya a utilizar.

Primero se debe ordenar los componentes que sea necesario importar al país, ya que estos pueden durar un largo rato y tener retrasos.

Luego se debe de comprar los materiales necesarios para la construcción. La empresa tiene vehículos de transporte, por lo cual no hay problema en este aspecto. Se debe de llevar los materiales a los respectivos talleres de construcción, ya sea externos o internos de la empresa.

Una vez que estos están listos, se llevan a un mismo taller para ensamble. Se espera a que los materiales importados lleguen, si es que no han llegado, para ponerlos en su respectivo lugar.

## Flujograma



# Principios físicos: generalidades

## Principios de mecánica

### Relevancia con el proyecto

Para diseñar, elegir componentes y hacer pruebas de prototipo se debe hacer medidas que dependen de cálculos y conceptos físicos. Por lo tanto, se incluyen en este apartado los temas y fórmulas necesarios que podrían llegar o utilizarse o que sea conveniente conocer para el diseño de un vehículo.

Para este proyecto los temas más relevantes son los del movimiento, las fuerzas de newton, la energía cinética y trabajo, momentos, torques, dinámica, estática, equilibrio y pendulación.

### Movimiento

El sistema de cable vía utilizado por la empresa necesita que el vehículo o el sistema de transporte se dirija a una dirección o a la dirección contraria a ésta. Esto requiere de conocimientos de movimiento de una dirección o vector en particular.

$$\Delta x = x_1 + x_2$$

Se considera el cambio de posición de un objeto para definir la velocidad promedio. Para esto se utiliza el cambio de tiempo t.

$$\frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = v_{avg-x}$$

La aceleración es la tasa de cambio de la velocidad por intervalo de tiempo. Por esto se relaciona la velocidad como el diferencial de la aceleración sobre el diferencial de tiempo. Así mismo si la aceleración es constante es la velocidad inicial mas la aceleración por el tiempo transcurrido.

$$v_x = v_{0x} + a_x t$$

Para conceptos de movimiento circular, se considera la aceleración radial como una aceleración hacia el centro del círculo, definido por las siguientes fórmulas

$$a_{rad} = \frac{v^2}{R} \quad a_{rad} = \frac{4\pi^2 R}{T^2}$$

### Leyes de Newton

La primera ley de Newton dice que un objeto está en equilibrio si la velocidad que éste lleva es constante y la aceleración es igual a 0.

$$\sum \vec{F} = 0$$

La segunda ley entonces nos dice que una fuerza está relacionada con la aceleración que está teniendo este objeto considerando la masa del objeto y las multiplica. Esto nos lleva al concepto de peso (w) en caída libre que es el producto de la masa por g, la aceleración en la Tierra por la gravedad.

$$\sum \vec{F} = m\vec{a}$$

$$w = mg$$

La tercera ley dice que cuando hay interacción entre 2 objetos cuya interacción ejerce una fuerza sobre el otro, la fuerza del objeto A sobre el objeto B es igual a la fuerza del objeto B sobre el objeto A en vector negativo.

$$\vec{F}_{a \text{ sobre } b} = -\vec{F}_{b \text{ sobre } a}$$

Uno de los factores que deceleran un objeto en una dirección es la fuerza fricción f. Existen 2 valores para la fricción, primero la fricción cinética  $f_k$ , la cual se considera en movimiento, y la fricción estática  $f_s$ , la cual se considera para un objeto en reposo. Estos valores dependen de los materiales en contacto. Estas interacciones tienen un coeficiente llamado coeficiente de fricción  $\mu_k$  o  $\mu_s$  dependiendo del tipo de fricción. En el caso de acero con acero, el coeficiente estático es 0.74 mientras que el coeficiente cinético es 0.57. La fricción es definida por las siguientes fórmulas.

$$f_k = \mu_k n$$

$$f_s \leq \mu_s n$$

Otro concepto importante para un vehículo que tiene algún tipo de rueda es la resistencia al rodamiento, aplicado principalmente a automóviles. Este tiene un coeficiente de fricción de rodamiento  $\mu_r$ . También se le llama resistencia a la tracción y en el caso de acero con acero es entre 0,002 y 0,003. Es una fuerza que resiste al movimiento.

Un aspecto importante a considerar son las fuerzas usuales en un cuerpo. Un cuerpo siempre tiene la fuerza de gravedad o w halando hacia el suelo. Si se encuentra en contacto con un suelo, tiene una fuerza normal N o  $F_n$  actuando contraria a esta fuerza. Las otras fuerzas son variables y son las que empujan y aceleran el cuerpo, o bien, lo deceleran (aceleran en dirección opuesta).

Material A	Material B	Coeficiente			
		Seco		Grasa	
		s	k	s	k
Acero	Acero	0.78	0.42	0.07	0.059
Aluminio	Acero	0.61	0.47		
Sólidos	Hule	1-4			
Hierro	Acero	0.4		0.21	
Hule	Concreto seco		0.7		

Tabla #: Coeficientes de fricción

Material A	Material B	Coeficiente
Ruedas acero	Rieles acero	0.0015
Ruedas tranvía	Rieles	0.61
Ruedas carro minero	Riel de acero	0.003
bearing	Acero	0.0012
Llantas	Concreto seco	0.012

Tabla #: Coeficientes de resistencia al rodamiento

# Principios físicos: generalidades

## Principios de mecánica

### Trabajo, energía y cinética

El trabajo (W) es el producto del movimiento de un objeto con fuerzas aplicadas que se ha movido una distancia en particular. En línea recta es la fuerza (F) por la distancia (s) recorrida, como lo muestra la fórmula.

$$W = F\bar{s}$$

La energía cinética (K) es la energía que tiene un objeto en movimiento. Es el trabajo necesario para llevar un objeto del reposo a cierta velocidad. Depende de su masa (m) y la velocidad (v).

$$K = \frac{1}{2}mv^2$$

El trabajo hecho total de un cuerpo es el cambio en energía cinética de éste.

$$W_{TOT} = \Delta K$$

La potencia (P) es la tasa en la que se hace trabajo y se define como el cambio del trabajo hecho por intervalo de tiempo. Se mide en Watts y se utiliza para medir la fuerza que puede ejercer un motor. Se relaciona a la fuerza como el producto de ésta con la velocidad.

$$P_{med} = \frac{\Delta W}{\Delta t} \quad P_{med} = \bar{F} \cdot \bar{v}$$

### Trabajo, energía y cinética

El momento lineal es el producto de la masa y la velocidad de un objeto y se traduce como la cantidad de movimiento. Se utiliza para medir en caso de colisiones entre objetos.

$$\bar{p} = m\bar{v}$$

### El centro de masa

El centro de masa es el centro promedio de un cuerpo o un sistema de cuerpos. Para efectos de peso, esfuerzo y movimiento como un todo se considera el centro de masa. La posición en coordenadas se toma en cuenta junto con la masa de los puntos involucrados.

$$\bar{r}_{cm} = \frac{\sum_i m_i \bar{r}_i}{\sum_i m_i}$$

### Rotación de cuerpos rígidos

Para efectos de ruedas y pendulación del sistema se debe de considerar este tema.

Primero hay que considerar que estos sistemas se miden en ángulos con radianes. La cantidad en radianes se mide dividiendo la distancia del arco del círculo que rodea el origen del ángulo por el radio del círculo.

$$\theta_{rad} = \frac{s}{r} \quad 1 \text{ rad} = \frac{360^\circ}{2\pi} = 57.3^\circ$$

La velocidad de un punto en rotación se denota velocidad angular con el símbolo  $\omega$ . Depende del cambio de ángulo por unidad de tiempo.

$$\omega_{med z} = \frac{\Delta \theta}{\Delta t}$$

Asimismo, el análogo de aceleración lineal es angular y tiene el símbolo  $\alpha$ .

$$\alpha_z = \frac{\Delta \omega_z}{\Delta t}$$

En un cuerpo circular que rota, se considera la rapidez lineal como el producto de la velocidad angular por el radio (r). La aceleración lineal de este mismo cuerpo es el producto de la aceleración angular por el radio. La aceleración centrípeta, es decir, la aceleración que hala el cuerpo hacia su eje central es producto de la velocidad angular al cuadrado por el radio.

$$v = r\omega \quad \alpha_{tan} = r\alpha \quad \alpha_{rad} = \omega^2$$

### Energía rotativa

Se define como momento de inercia (I) la energía necesaria para generar un torque y girar un objeto rígido. La energía cinética es análoga al movimiento lineal.

$$I = \sum_i m_i r_i^2$$

$$K = \frac{1}{2}I\omega^2$$

### Dinámica de rotación

Un torque ( $\tau$ ) o momento es una fuerza rotativa. Se obtiene con el producto cruz entre la fuerza aplicada (F) y la distancia (l) entre el punto de esfuerzo y el pivote.

$$\tau = Fl \quad \tau = rF \sin \theta$$

La fuerza aplicada se puede relacionar con la aceleración tangencial del objeto rotando usando la 2da ley de Newton, de la misma manera se relaciona el torque con el momento de inercia y la aceleración angular con las siguientes relaciones.

$$F_{1tan} = m_1 a_{1tan}$$

$$F_{1tan} r_1 = m_1 r_1^2 \alpha_z = I_1 \alpha_z$$

La velocidad del centro de masa se toma utilizando el radio (R) de una rueda multiplicándola por la velocidad angular.

$$v_{cm} = R\omega$$

De manera análoga al movimiento lineal, el trabajo (W) se mide multiplicando el torque ( $\tau$ ) por el cambio de ángulo ( $\theta$ ). Asimismo, se mide a potencia (P) multiplicando el torque ( $\tau$ ) por la velocidad angular ( $\omega$ ).

$$W = \tau_z \Delta \theta$$

$$P = \tau_z \omega_z$$

### Equilibrio

Para que un cuerpo presente equilibrio debe contar con 2 condiciones básicas:

$$\sum \bar{F} = 0 \quad \sum \bar{\tau} = 0$$

Para esto se considera el centro de gravedad del cuerpo, y una diferencia con el centro de masa es despreciable para su tamaño en la Tierra.

$$cg \approx cm$$

# Principios físicos: generalidades

## Principios de mecánica

### Péndulo simple

Un péndulo es una masa ligada a un punto en una distancia, el cual se mueve en movimiento armónico simple (MAS). Esto se traduce a la frecuencia angular ( $\omega$ ). Esta depende de la aceleración ( $g$ ), longitud de péndulo ( $L$ ) y su frecuencia.

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{L}} f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{L}}$$

El período también tiene esos parámetros y se relaciona así:

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{1}{f} = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$

### Péndulo físico

El péndulo físico difiere del péndulo simple en que ni la masa ni la amplitud tienen influencia en la frecuencia angular en el péndulo simple. Para el péndulo físico se considera la masa y el momento de inercia.

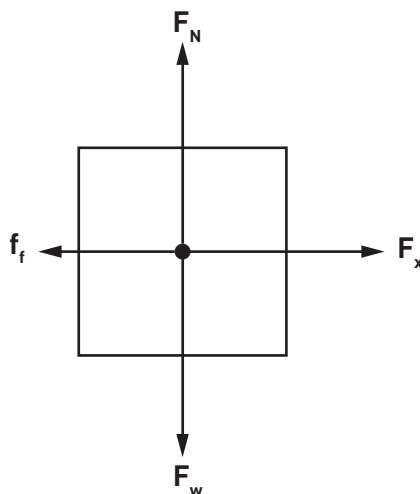
$$\omega = \sqrt{\frac{mgd}{I}}$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{mgd}}$$

### Diagramas de cuerpo libre

Las fuerzas newtonianas mostradas anteriormente usualmente se dibujan con diagramas de cuerpo libre, los cuales en un plano cartesiano muestran el centro de masa del cuerpo y las direcciones vectoriales precisas de las fuerzas que actúan sobre el.

El ejemplo clásico es el de un cuerpo que tiene una fuerza que lo está empujando hacia un lado, mientras que la fricción lo empuja en dirección contraria. El cuerpo muestra también la fuerza de gravedad o peso y la fuerza normal.



### Relación de potencia y torque en motores

Todo motor, ya sea de combustión interna o eléctrico, tiene una potencia de salida la cual es proporcional al torque que produce. Esto está ligado también a la velocidad angular del rotor del motor medido usualmente en revoluciones por minuto. Para hacer cálculos, como se explicó anteriormente, se debe de pasar esta unidad a radianes por segundo.

$$\text{Torque} = \frac{\text{Potencia} \times 9.549}{\text{RPM}}$$

$$1 \text{ rpm} = \frac{2\pi}{60} \text{ rad/s}$$

### Relación de marcha

Las ruedas de diferentes tamaños que están unidas por cadenas, ligas, fajas o piñones tienden a cambiar la salida de torque y velocidad de un sistema dependiendo de la diferencia de tamaños. A esto se le llama transmisión, o bien, relación de marcha.

Primero se parte de la fórmula previamente mostrada donde se ve la velocidad tangencial ( $v$ ) en el contacto de la rueda relacionada a su radio ( $r$ ) y velocidad angular ( $\omega$ ).

$$v = r_A \omega_A = r_B \omega_B$$

Como el número de dientes ( $N$ ) en un piñón es proporcional a la circunferencia y por ende al radio del círculo,

$$R = \frac{\omega_A}{\omega_B} = \frac{r_B}{r_A} = \frac{N_B}{N_A}$$

Lo cual nos da el valor de la razón de marcha  $R$ .

Este valor se utiliza para calcular el torque ( $T$ ) de salida de todo el sistema sabiendo el torque producido por el motor, lo cual da al sistema una ventaja mecánica.

$$R = \frac{T_B}{T_A}$$



# Análisis de contexto de uso: trayecto hasta hoy

## Cultural

Costa Rica tiene desde GGGG plantaciones de banano. La historia más conocida por el pueblo es la la importación de la variedad Gros Michel para explotar las tierras bajas costarricenses, junto con la construcción de un ferrocarril interoceánico liderado por Minor Cooper Keith.

La introducción de la compañía bananera United Fruit Company (UFCo) intensificó la explotación del banano en Costa Rica y le dio trabajo a muchos costarricenses, dando lugar a la mayoría de las fincas que se encuentran hoy en la zona sur y la zona del Caribe.

Con esto surgió prosperidad económica pero también problemas sociales relacionados a la explotación injusta de trabajadores, como denota el autor Carlos Luis Fallas en su célebre libro "Mamita Yunai".



## Biológico

El terreno puede diferir mucho de plantación en plantación e incluso dentro de una misma plantación.

En las vías principales, donde pueden transitar automóviles y donde pasan los cables vías reales el terreno tiende a ser plano. Entre las plantas de banano y en las vías secundarias el terreno es mucho más irregular.

Entre las plantas de banano se tiran las mismas hojas y troncos de banano para que hagan compost para las plantas en crecimiento.

Al ser una zona lluviosa hay trincheras causadas naturalmente o artificialmente, lo cual lleva a que entre las plantas y las vías haya huecos o paso interrumpido, con pasos empinados y obstáculos. En las zonas del cable vía por donde pasa algún desnivel causado por el desagüe existen puentes angostos cuya función principal es darle paso a la mula que hala del sistema de cable.

Dependiendo del clima o tiempo el terreno se puede poner más complicado y requerir más esfuerzo por parte del usuario. El lodo puede ser movedizo o resbaloso.



## Social

Hoy en día la población tiene mayor protección y derechos provistos por el gobierno.

Según la Corporación Bananera Nacional (CORBANA), se han impulsado proyectos para mejorar la educación y calidad de vida de las comunidades que viven dentro de las áreas de plantación.

En las escuelas de la zona, se promueve una cultura de apreciación al trabajo en las bananeras y el impacto positivo que tienen éstas en el país.

Además, se promueve un estilo de vida limpio y eco-amigable con generación de energía por medio de paneles solares y programas de educación sobre el reciclaje y ahorro.



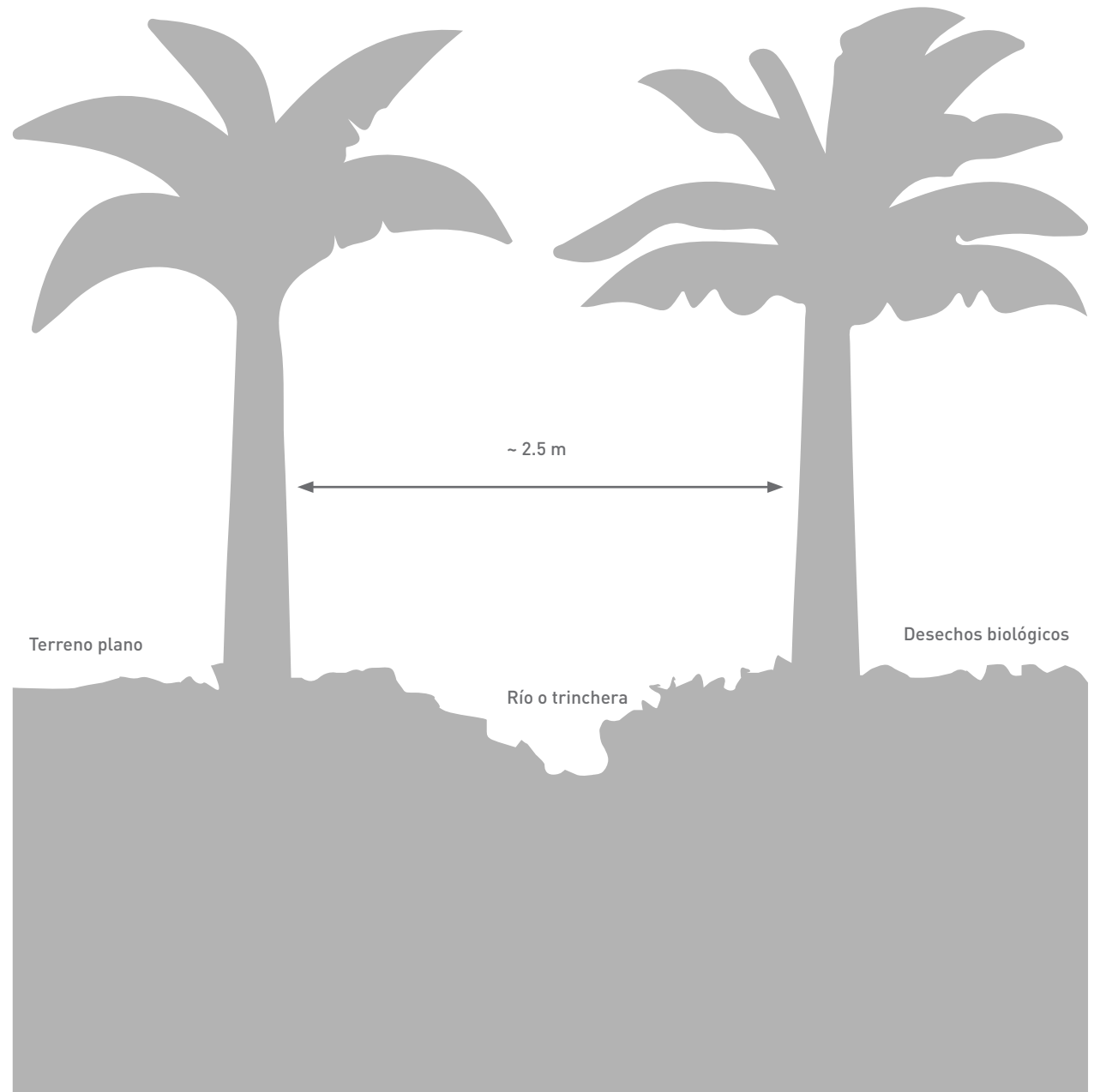
# Análisis de contexto de uso: ambiente tangible

El terreno del contexto es principalmente una plantación ordenada en una retícula hexagonal. Las plantas crecen hasta florecen y dar fruto, para luego ser cortadas y dejar que de la misma raíz crezcan plantas nuevas.

Las hojas, racimos de banano o flor y vástagos viejos sen su mayoría se lanzan y se dejan en el suelo para que cumplan su ciclo vital alimentando las nuevas plantas.

Esto causa que el terreno sea más irregular y difícil de transitar. Sin embargo este tipo de terreno se encuentra principalmente entre los árboles. Los caminos por los cuales pasa el cable vía tienen un terreno que tiende a ser más plano.

En algunas fincas y sectores de las fincas, el terreno tiene charcos o barro movedizo, lo cual dificulta la tracción al transitar por ellos.





# Análisis de contexto de uso: variables ambientales



Figura #: regiones donde se planta el banano en Costa Rica. Corbana, 2011.

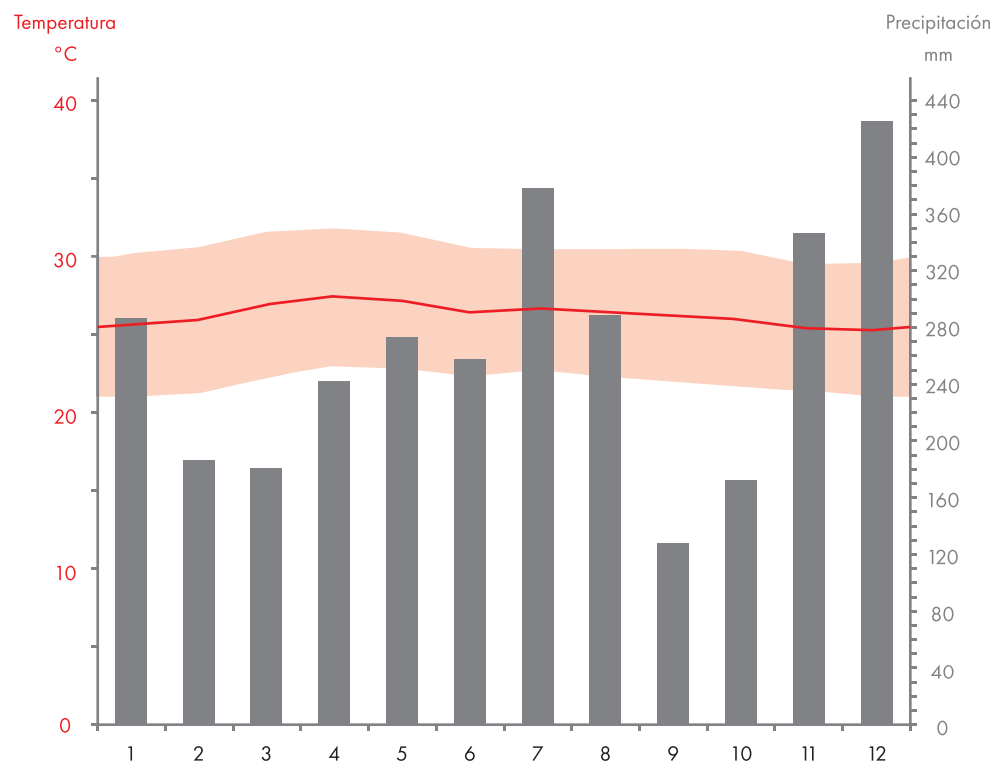


Figura #: precipitación y temperaturas de la región de limón según Climate-Data.org

Las variables ambientales incluyen la cantidad de precipitación por mes y la temperatura, que son factores externos que pueden llegar a afectar al usuario y a los productos utilizados o servicios necesarios.

Las variables ambientales pueden crear nuevas necesidades y por ende funciones en el producto, así como requerimientos que afectan los tipos de sistemas y subsistemas, así como los materiales y tecnologías del mismo.

En Costa Rica menos de un 1% del territorio nacional tiene plantaciones de banano. En el 2016 el área de producción ambiental alcanzó a 42.410 hectáreas. Las plantaciones se concentran en la región socio-económica Brunca y en la Huétar Atlántica, sin embargo en la región Pacífica Central y en la Huétar Norte se encuentran plantaciones. Principalmente se encuentran alrededor de Parrita, Ciudad Cortés, Piedras Blancas, Golfito y Corredores en la zona Sur, y en la zona norte en los cantones de Pococí, Siquirres, Matina, Limón y Talamanca. En la zona Norte es donde se extiende más la explotación de este recurso y donde se encuentra el cliente directo de este proyecto. En la figura # se puede observar las regiones donde se encuentran las plantaciones de banano en Costa Rica.

Por esta razón, se enfocará esta información en las plantaciones ubicadas en la región Huétar Atlántica, la cual tiene una geografía similar a través de todo su territorio.

Los suelos de las regiones tienden a ser ácidos, fluctuando entre un pH de 4,1 y 7,9 en el agua en las regiones noreste y suroeste. La presencia de fluoruro de sodio en la tierra presenta menos acidez con un promedio de 8,4 mientras que la presencia de cloruro de potasio muestra mayor acidez (Arias, 2009). Esto se debe a el constante lavado de bases por parte de la lluvia y confirma la presencia salínica en el ambiente, lo cual acelera el proceso de corrosión de algunos materiales.

## Consecuencias materiales

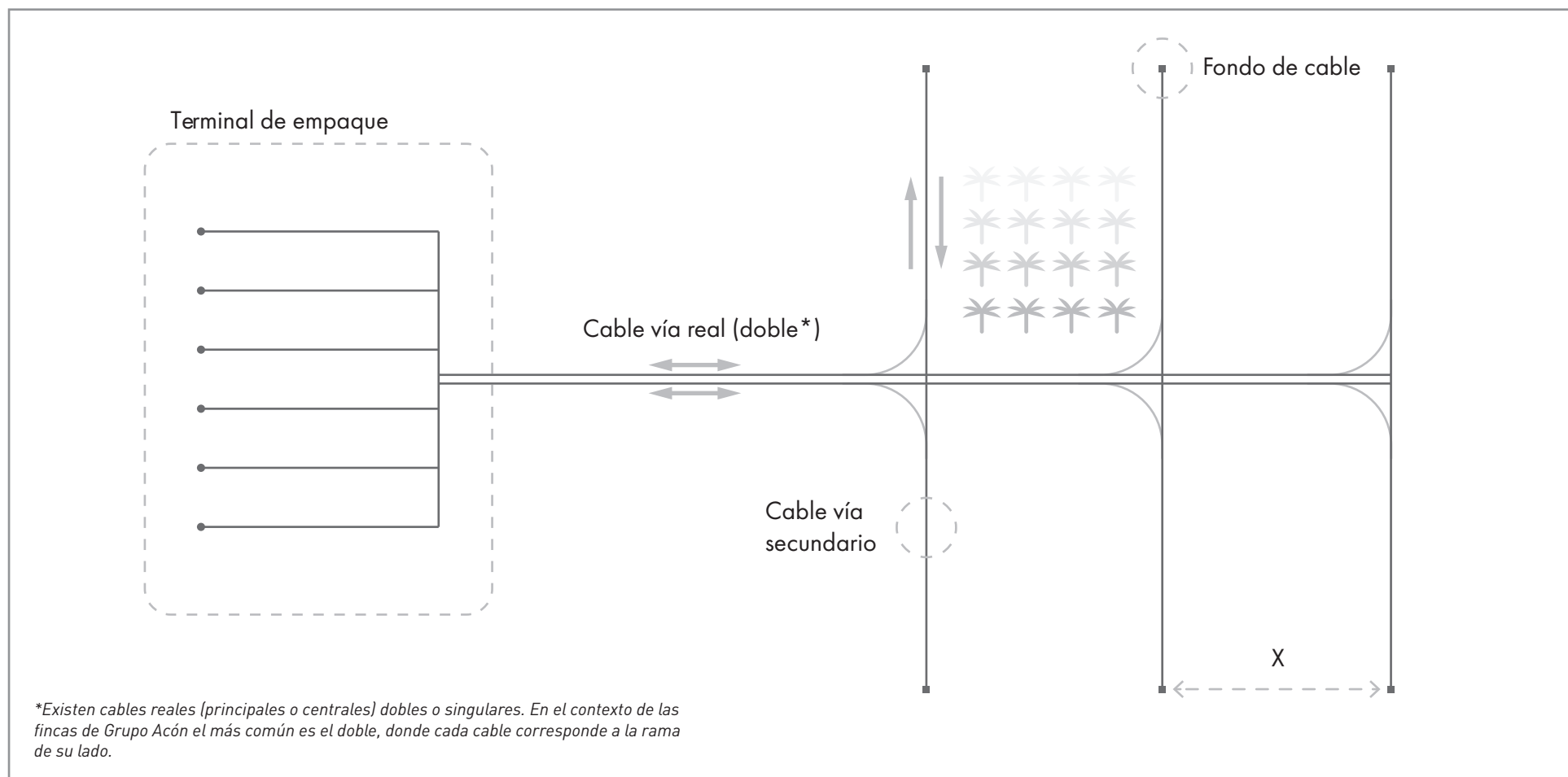
Expansión de material, mal funcionamiento de electrónica, corrosión/herrumbre, tracción insuficiente, sobrecalentamiento de componentes y materiales.

## Consecuencias de salud laboral

Exposición al sol y UV, sobrecalentamiento, peligro de resbalarse, enfermedades al exponerse a lluvia.

# Análisis de contexto de uso: sistema utilizado en la actualidad

## El sistema de cable vía: global



### Dónde se utiliza?

Es el único sistema mecanizado e industrial utilizado en las plantaciones de banano en Costa Rica. Se implementó a mitades del siglo 20 y sus variaciones incluyen principalmente en que unas plantaciones usan animales (mulas) para halar de los racimos mientras que otras usan a los mismos obreros. Solamente la Universidad EARTH utiliza un tractor aéreo.

### Datos mensurables

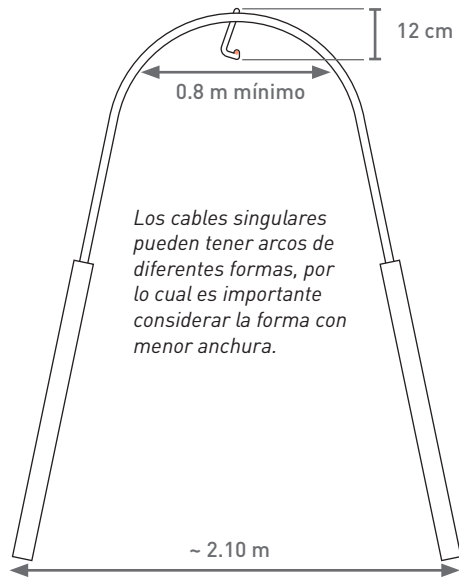
Distancia entre fondos de cable: 60 a 100 m.

Distancia entre cables dobles: 1 m.

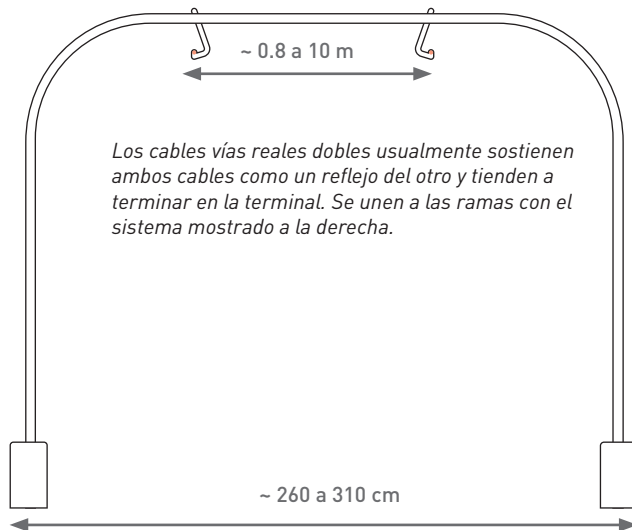
Distancia promedio de recorrido: 10 km.

# Análisis de contexto de uso: sistema utilizado en la actualidad

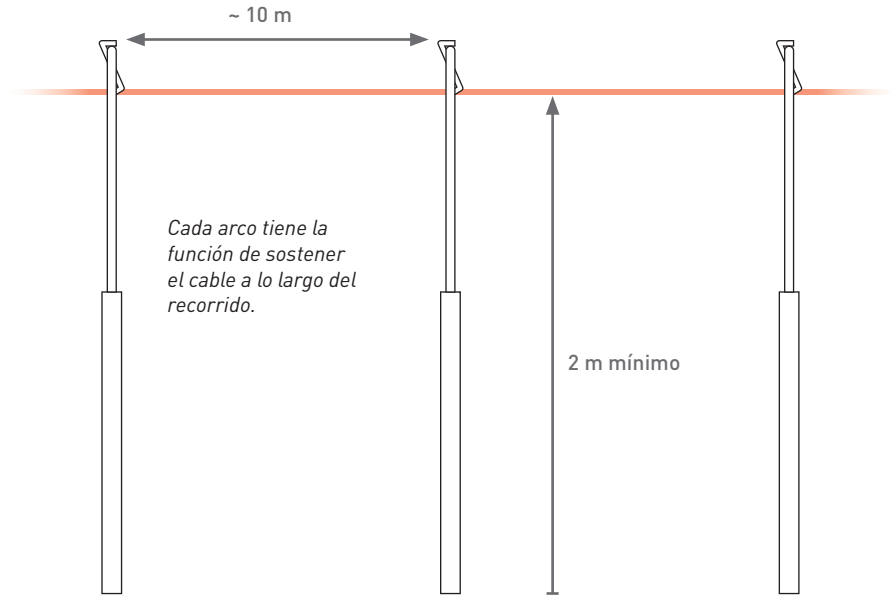
## El sistema de cable vía: detalles macro



*Los cables singulares pueden tener arcos de diferentes formas, por lo cual es importante considerar la forma con menor anchura.*

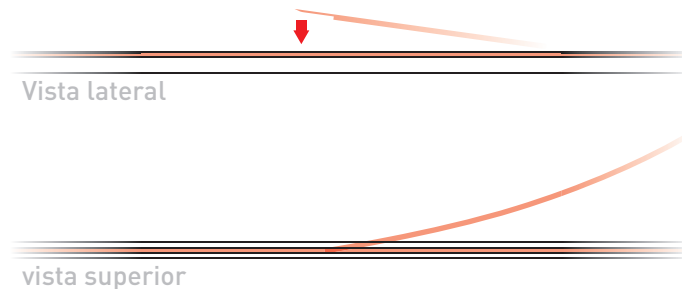


*Los cables vías reales dobles usualmente sostienen ambos cables como un reflejo del otro y tienden a terminar en la terminal. Se unen a las ramas con el sistema mostrado a la derecha.*



*Cada arco tiene la función de sostener el cable a lo largo del recorrido.*

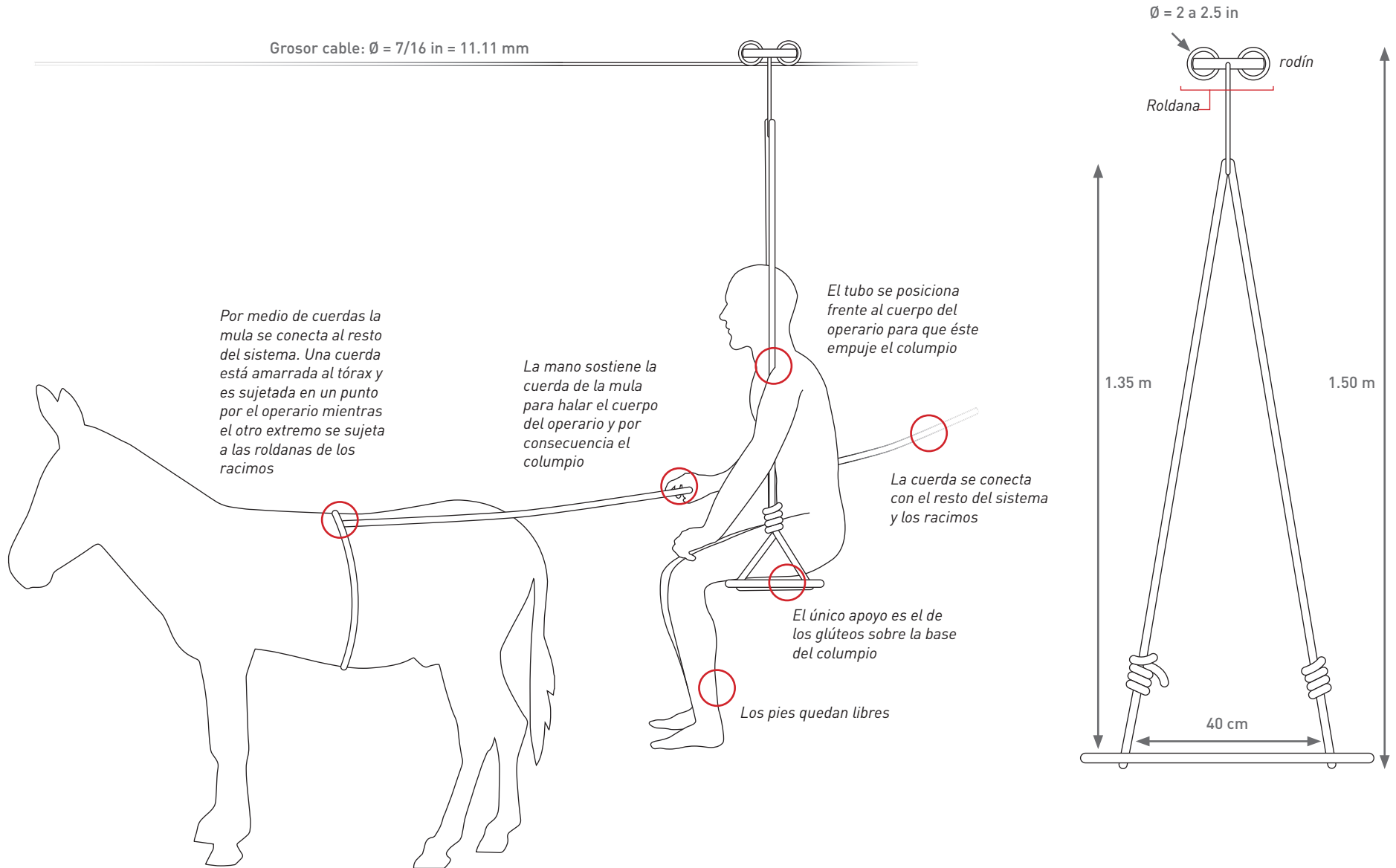
### Sistema de unión de ramas



*En las secciones donde el cable se une perpendicularmente a otro, el cable se curva y está una distancia por encima del otro cable. Por medio de una polea y según el peso del vehículo, el cable que está arriba se puede bajar y unir con el otro.*

# Análisis de contexto de uso: sistema utilizado en Grupo Acón

## El sistema de cable vía: detalles micro

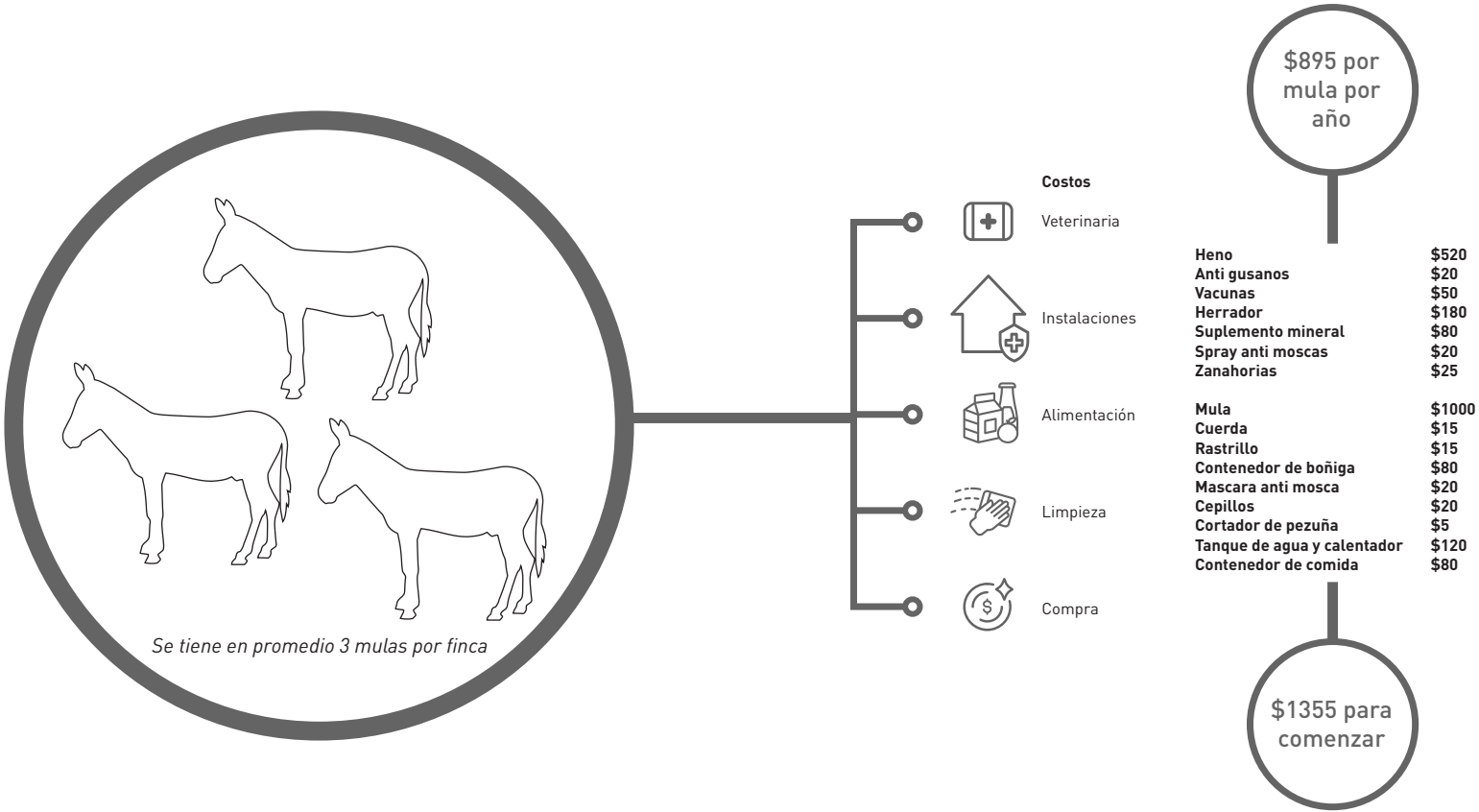


# Análisis de contexto de uso: sistema utilizado en Grupo Acón

## El sistema de cable vía: detalles micro

### Las Mulas

Las mulas son el único animal que se utiliza en las plantaciones de banano en las fincas de Grupo Acón. Son la fuerza de locomoción de la línea de producción. Son estos recursos los que se van a reemplazar con el nuevo sistema, ya sea en parte o totalmente.



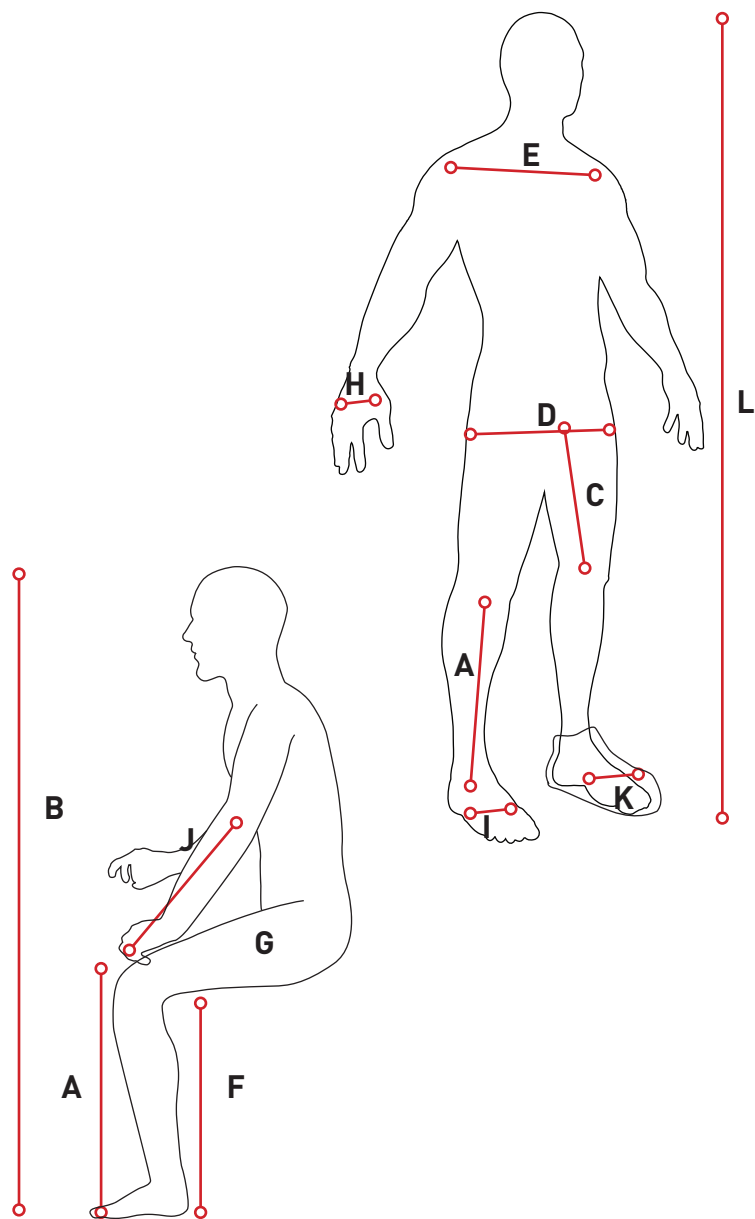
### El ambiente

Las mulas y los burros son de los animales de ganado que menos gases de efecto invernadero producen, sin embargo si producen aproximadamente una tonelada métrica de CO<sub>2</sub> por año.

### Observaciones

Se debe de considerar que el sistema no cueste más de 1355 dólares para construir y el mantenimiento cueste menos de 895 dólares por año por vehículo.

# Análisis ergonómico: antropometría



	PARTE DEL CUERPO	5% (cm)	95% (cm)
A	Altura rodilla	43.5 cm	55.6 cm
B	Altura sentado	79.0 cm	92.7 cm
C	Longitud nalga-poplíteo	43.4 cm	52.6 cm
D	Ancho cadera	32.8 cm	48.3 cm
E	Ancho codos	41.1cm	62.0 cm
F	Altura poplíteo	33.8 cm	45.3 cm
G	Altura de codo sentado	20.1 cm	29.3 cm
H	Ancho de mano	08.3 cm	10.3 cm
I	Ancho de pie	08.3 cm	09.9 cm
J	Longitud antebrazo	42.0 cm	49.1 cm
K	Ancho de pie con zapato	08.9 cm	11.6 cm
	Peso total	45.6 kg	115.8 kg

Tabla #: Dimensiones antropométricas mexicanas. Fuente: Universidad de Guadalajara, 2007.

La antropometría abarca las medidas más cercanas del cuerpo humano de mujeres y hombres latinoamericanos. Las medidas que tengan que ver con alcance de extremidades se recomienda que se utilicen las medidas del percentil más bajo para no imposibilitar su uso. Las medidas que tengan que ver con área y extensión como ancho y altura se recomienda que se utilice el percentil más alto para que acomode y soporte el cuerpo o la parte del cuerpo por completo sin interrupción. El peso se debe considerar a partir del centro de masa y se debe agregar al peso total del sistema para fines de estructura mecánica.

Se considera las medidas antropométricas de la Universidad de Guadalajara de 2007, específicamente de la región mexicana de Guadalajara por tener una mezcla de población similar a Costa Rica en comparación con las otras muestras de población mostradas en la fuente. Se toma en consideración las medidas de una persona en posición sedente por ser la posición usual y recomendada de un operario en largos períodos de tiempo.

# Análisis ergonómico: sistema actual

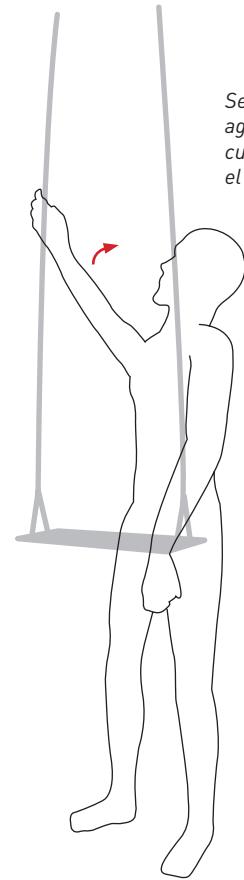
El sistema actual de transporte en las plantaciones de Grupo Acón tiene solamente un usuario y la única interfaz que se tiene con el sistema es un asiento como el de un columpio.

No existe seguridad además de los utensilios del usuario como el casco.

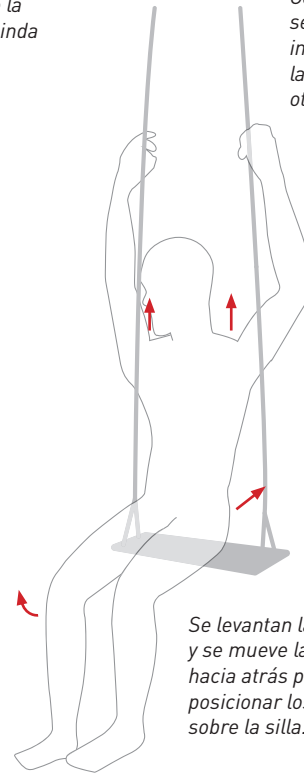
De la misma manera en la que una persona se sienta en un columpio para recreación, se sienta el usuario en este sistema.

Primero el usuario debe estirar el brazo para agarrar fuertemente la cuerda de la que se sostiene el columpio, mientras le da la espalda. Luego procede a hacer lo mismo con el otro brazo. Una vez sujetado fuerte éste debe levantar el peso de su cuerpo con los dos brazos para posicionar sus glúteos en el asiento y finalmente acomodarse donde se sienta cómodo.

Para sujetarse en movimiento el usuario debe de tomar la cuerda que une a la mula con el riel del cable vía.

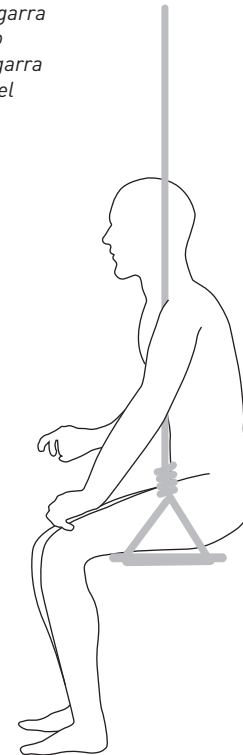


*Se estira el brazo y se agarra fuertemente la cuerda de donde guinda el asiento.*



*Se levantan las piernas y se mueve la cadera hacia atrás para posicionar los glúteos sobre la silla.*

*Con el brazo que agarra se hace un impulso inicial y luego se agarra la otra cuerda con el otro brazo.*



*Se apoya el hombro detrás de la cuerda.*

El usuario puede durar entre 15 min y 2 horas en el sistema

# Análisis ergonómico: otros sistemas

## La bicicleta



≈90°



### Posición de ciudad holandesa

En Holanda el uso de bicicletas es común, especialmente en las ciudades centrales donde no se permite el uso de automóviles como en otros lugares. Su posición es de espalda recta con ángulo recto al suelo, con brazos relajados y levemente flexionados.

Ventajas	Desventajas
Permite una forma de S en la columna. Baja presión en brazos y manos.	Peso recae en glúteos. Usuario tiende a inclinar la postura después de un rato.



60-70°



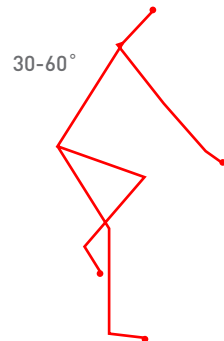
### Posición de ciudad

Es similar a la de Holanda pero el manubrio está más lejos del torso. Esto causa que el usuario se incline más hacia el manubrio con un ángulo de 60° a 70° respecto al suelo. Los brazos todavía tienen cierta flexión pero están estirados.

Ventajas	Desventajas
Posición permite mejor visibilidad. Posición más relajada.	Los brazos extendidos causan dolor en las manos y calambres en hombros. La posición tiende al usuario a reclinarse en el sillín.



30-60°



### Posición de bicicleta trekking

Torso más inclinado comparado con las ciudadinas. Puede tener entre 30° y 60° de inclinación. La distancia entre el manubrio y el sillín es considerable.

Ventajas	Desventajas
El cuerpo entero distribuye mejor la presión y esfuerzo. Hay menos presión en la espalda y nalgas.	El cuello, manos y hombros tienen más esfuerzo. Se necesita entrenamiento y condición para aguantar el uso.

### Observaciones

Estos tres tipos de bicicleta son los más comunes para uso personal y de trabajo, en zonas urbanas o rurales. No son para ocio ni deporte.

Uno de los aspectos más importantes que se consideran al comparar tipos de bicicleta es cómo la posición ayuda a que se transmita la fuerza del usuario hacia el pedal de manera eficiente, sin embargo para el caso de este proyecto ese tema no es relevante. Por eso mismo en las desventajas y ventajas solamente se considera la percepción del usuario y los malestares musculoesqueléticos que pueden presentar o evitar las diferentes posiciones.

Se puede observar que entre más se aleja de lo cotidiano (en el caso de trekking es menos cotidiano), mayor es la inclinación del torso, pero a la vez es mayor la necesidad de tener buena condición física y preparación. Esto no corresponde a los usuarios meta del proyecto, por lo cual se busca una posición que requiera menos esfuerzo y mayor comodidad. Además una posición en la que el cuerpo entero ayude a pedalear no es relevante.

Se puede observar que las bicicletas de ciudad tienen el manubrio más alto que el sillín.

Una diferencia clave entre los sillines de las bicicletas urbanas y de campo/travesía es la forma. Los sillines para ciudad son más anchos pues tienen que soportar el peso del cuerpo que recae en los glúteos.

La posición de las manos en las bicicletas de ciudad permiten un agarre suave y completo del manubrio, contrario al de las bicicletas más deportivas que tienen el peso concentrado en la palma.



# Análisis ergonómico: otros sistemas

## La silla vertical para operarios



### Descripción

Se trata de sillas o bancos que no tienen respaldo ni las dimensiones para acomodar una persona sentada. Tiene cierta inclinación hacia el usuario y tiene una altura cercana a los glúteos. Por lo general se pueden ajustar en nivel de inclinación y altura.

La idea es que el usuario no se siente, permanezca de pie y nada más funcione como un apoyo para sus glúteos mientras trabaja.

### Ventajas ergonómicas

El permanecer sentado puede llegar a dar fatiga al usuario y le permite que este llegue a desarrollar una postura arqueada después de un tiempo. Esto puede llevar a problemas musculoesqueléticos de posición y dolores posteriores. Según Eadric Bressel en su artículo del efecto del ángulo pélvico en bicicletas y el laboratorio ErgoTEC, para que la espalda tenga una forma en S natural y saludable se debe apoyar la cadera de manera inclinada.

Otro aspecto importante es la posición de las piernas. Si parte de las piernas se encuentran apoyadas en una superficie o si estas no se estiran, pueden llegar a dificultar la circulación de la sangre por el cuerpo, resultando en fatiga.

### Aplicaciones de uso

En trabajos de larga duración se requiere una posición como la que provee este tipo de sistema.

Un típico ejemplo de uso es de las personas que atienden o esperan para dar un servicio mientras manejan algún tipo de maquinaria. Por ejemplo, los cajeros en almacenes o los guardas.

También entra a la lista trabajos de maquila como costura, computación, diseño, ensamble, entre otros.



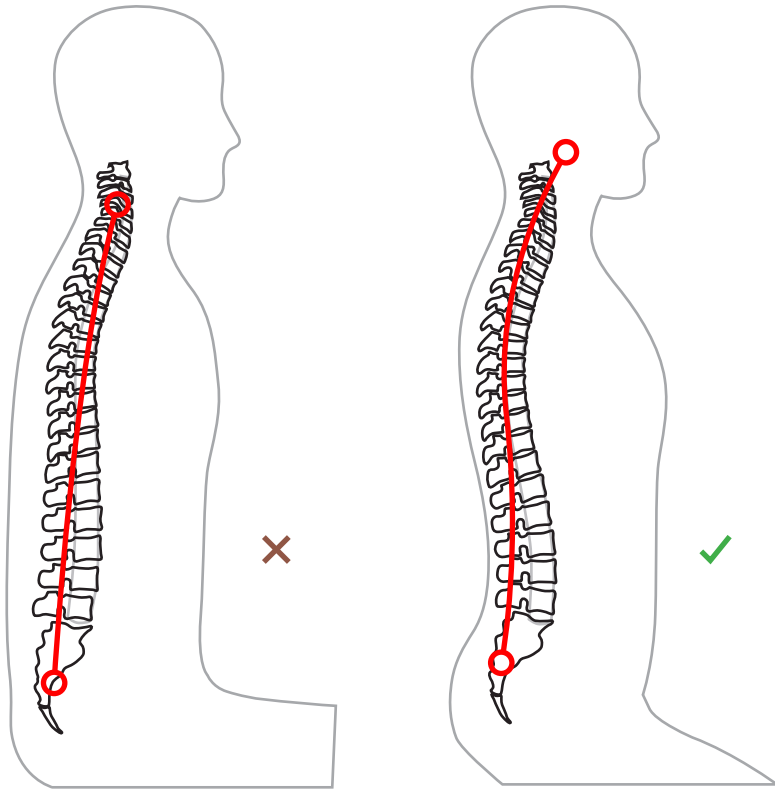
### Descripción

El sistema de Eurasia Consult es uno de los sistemas de referencia que utiliza este tipo de asiento. Es un asiento que no tiene respaldo y está levemente inclinado, además de poderse ajustar según su altura.

Esto explica también por qué este sistema obtuvo mayor puntuación en la ergonomía.

# Análisis ergonómico: aspectos importantes

## Síntesis basada en función de los sistemas



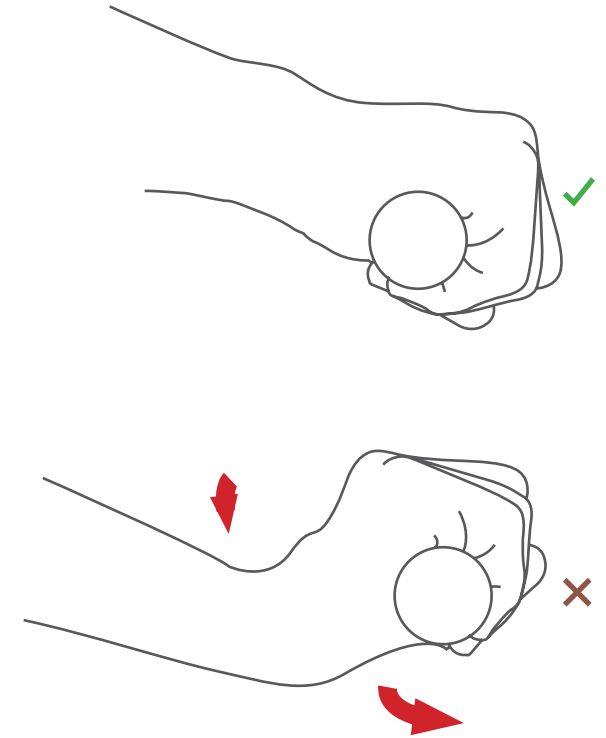
### Posición de espalda

Uno de los efectos más considerables de fatiga y de malestares y dolores corporales musculoesqueléticos es la mala postura de la espalda, especialmente si esta se prolonga por largos ratos. Para evitar esto la columna vertebral debe de permanecer en una forma de S. La manera de promover esto en el usuario es dándole inclinación al asiento. Esto levanta la parte anterior de la cadera y glúteos y ayuda a formar la S en las vértebras lumbares de la columna.



### Movimiento constante

Un cuerpo no puede mantenerse en reposo. Esto causa fatiga en los músculos que aguantan el peso, además de limitar la circulación en las extremidades y el cuerpo entero.



### Movimiento constante

La importancia de la posición de la mano en el manubrio es vital para la salud y la seguridad del usuario.

Primero puede causar dolores en las muñecas y metacarpos. En segunda instancia pone en peligro la seguridad ya que al decelerar o detenerse el vehículo la inercia del usuario lleva a flexionar las muñecas y empujar hacia adelante con los codos, resultando en una posible caída. Por eso el manubrio siempre debe de estar debajo de los codos, es decir, los codos no se deben de flexionar y hacer ángulos menores a 90°.

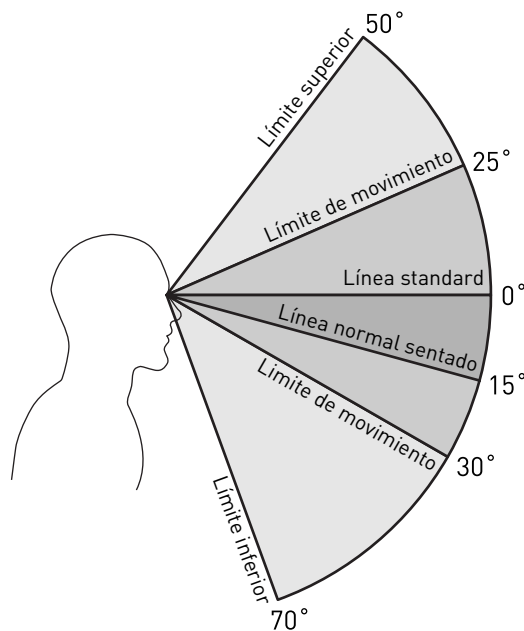
# Análisis ergonómico: seguridad

## Percepción para usuario y terceros

### Ángulo de visión

Para diseñar interfaces es necesario considerar el ángulo de visión promedio de un ser humano. Hay extremos más capaces que otros pero se debe diseñar dentro de los límites inferiores.

El sistema que se quiere desarrollar y los sistemas analizados no son ancho y por ende no hay que considerar el espacio horizontal de visión, por lo cual se desprecia en el proyecto. Sin embargo como se maneja en línea recta y va a haber interfaces que el usuario maneja, se debe de considerar el ángulo vertical. El ser humano por lo general cuenta con 120° de visión vertical, sin embargo por el límite de movimiento de los ojos el área visual efectiva óptima que no es periférica se reduce a 55°. Se mide a partir de la línea horizontal paralela al suelo los ángulos, y a esta línea se le llama línea standard de pie. 15° más abajo se encuentra la línea standard sentado, y el espacio entre estas líneas es el área normal de visión.



Se recomienda entonces posicionar objetos que sea necesario ver dentro del área que se encuentra entre los límites de movimiento, para evitar que el usuario mueva la cabeza y se distraiga de lo que está al frente.

### Iluminación

En caso de que el usuario vaya a utilizar el vehículo en la noche por diversas razones, se debe incluir una luz en el vehículo, para iluminar el camino y prevenir así posibles accidentes con peatones, animales o plantas.

También se debe de considerar la seguridad de usuarios terceros como peatones o conductores en las intersecciones con calles.

Para esto se debe de considerar la cantidad de lúmenes o candelas que debe de tener una luz perceptible de día y que llegue lejos de noche.

Se recomienda que una luz alcance 160 m para ser visto desde lejos; A la vez también se recomienda poder ser visto a 160 m, ya sea con luces o con reflectores.

También se recomienda el uso de luces de alta intensidad. Es probable que no haya otros vehículos en el cable vía cuya luz del vehículo del usuario encandile, por lo tanto no hay problema si la luz es fuerte.

El ángulo central de proyección debe estar 5° por debajo de la línea horizontal para aprovechar la luz más fuerte en el suelo al frente del usuario.

La luz debe de proyectar al menos 500 lúmenes de intensidad para iluminar bien de noche pero ser percibido de día también. De noche se recomienda un mínimo de 150 lm para bicicletas.



### Sonido

El ser humano escucha bien entre 0 y 120 decibeles. Después de eso se pueden dañar los oídos.

El ser humano puede escuchar entre 20 y 20000 Hz de frecuencia de onda de sonido. Fuera de eso no lo percibe.

El problema que tienen los vehículos eléctricos es que éstos tienden a ser silenciosos y entonces no avisan a terceros su presencia o tránsito como lo haría un auto con motor de combustión.

Para esto se debe utilizar pitos o sonidos que alerten la presencia. Se recomienda un pito que produzca un sonido de 100 dB, lo suficiente para que un humano reaccione sin dañar sus oídos. También se recomienda una frecuencia superior a 300 Hz para que se perciba y no se pierda con el ambiente.

# FASE 2:

## Desarrollo de concepto

Identificar al usuario	_____
Establecer requerimientos	_____
Desarrollo de concepto	_____
Desarrollar propuestas	_____
Análisis de propuestas	_____
Seleccionar propuesta	_____
Evaluar y estimar costo y factibilidad	_____

# Identificar al usuario: para quién?

## Operador (mulero)



**Edad:** 15-70 años

**Escolaridad:** ●●●●●

### Herramientas que carga siempre

- Machete
- Walkie-talkie
- Palo

### Beneficio

Un vehículo que acelere su trabajo puede hacer su trabajo más eficiente o bien, aprovechar mejor el día. También, un vehículo con facilidades ergonomicas logra que el usuario tenga una mejor salud y más ganas de permanecer en su puesto.

### Descripción

El operador, mulero o maquinista es el que se encarga de manejar la mula que hala de los racimos de banano. En Grupo Acón se trata de solamente mulas, no como en otras fincas o universidades donde se utilizan arañas o tractores aéreos.

### Comportamiento

Los operadores y recolectores de la plantacion rotan constantemente. Las sotuacion social, la edad a la que llegan y condiciones del trabajo hacen que los obreros se vayan de la empresa por disgusto o falta de disciplina, sin embargo en varios casos vuelven después por necesidad.

## Capataz (supervisor)



**Edad:** 20-60 años

**Escolaridad:** ●●●●●

### Herramientas que carga

- Celular
- Cuaderno y lapicero
- Podadora
- Walkie-talkie

### Beneficio

El capataz puede inspeccionar una parte de la finca con mayor rapidez, optimizando su horario de trabajo. Además, se protege del ambiente en casos de mal clima.

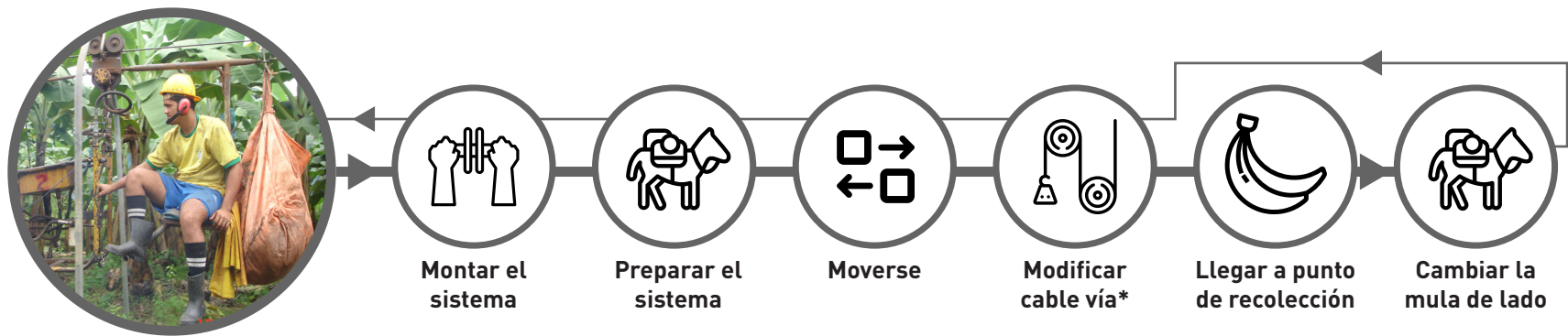
### Descripción

El capataz es usualmente un ingeniero que se dedica a supervisar un área de la finca o un área de trabajo de la plantación. Es el que supervisa que se le de mantenimiento a la plantación y a los sistemas e instalaciones de la finca, que los operadores, recolectores y otros obreros hagan su trabajo correctamente y que todo esté en orden con la línea de producción de la finca.

### Comportamiento

Los capataces tienden a ser profesionales cuya paga es mejor que el resto de los trabajadores, por ende permanecen más en la empresa, ya que no sufren tanto como los demás.

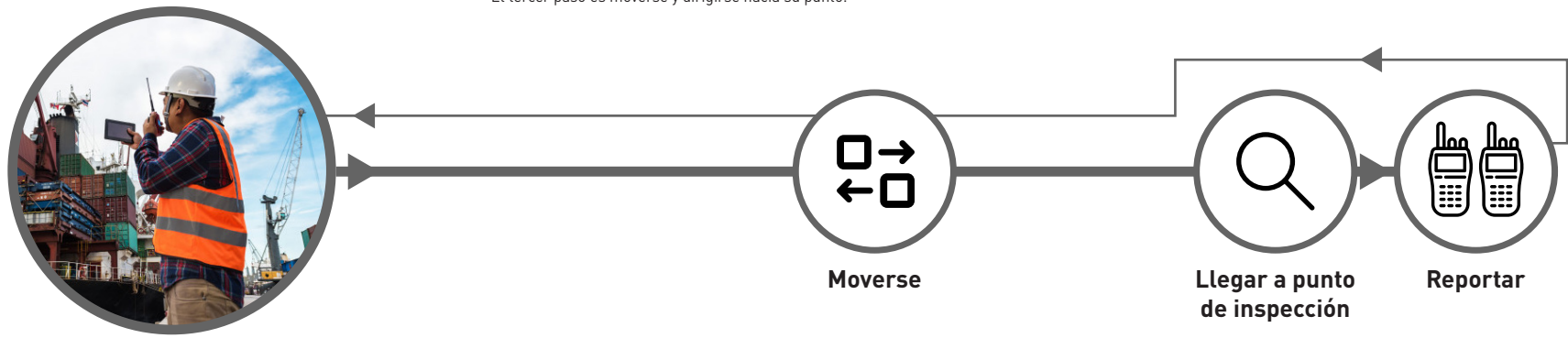
# Identificar al usuario: tareas



Recorrido: 1 hora

El usuario tiene que ir a un punto de la plantación a recolectar la cosecha que ya varios obreros han cortado para montar en el tren del cable vía. Para esto primero debe de montar el sistema, es decir, montar la hamaca en el riel y las roldanas que contienen los racimos, junto con las varillas que separan los racimos. En esgundo lugar el obrero prepara el sistema amarrando la mula al sistema y preparando la mula y montándose el mismo para manejarlo. El tercer paso es moverse y dirigirse hacia su punto.

El cuarto (y este paso se puede repetir) paso es modificar el cable vía levantando y bajando cables y varillas cuando se quiere desviar hacia una rama del riel, como en los trenes. El quinto paso es detenerse en el punto de recolección y ayudar a recolectar. Por último, para devolverse y que la mula hale hacia el otro lado, desamarra la mula y la amarra al otro extremo del tren



Recorrido: 1 hora

El primer paso es moverse y dirigirse hacia su punto caminando. El segundo paso es detenerse en el punto de inspección, bajarse y hacer los analisis y muestras respectivos. Por último, para devolverse y que la mula hale hacia el otro lado, desamarra la mula y la amarra al otro extremo del tren.

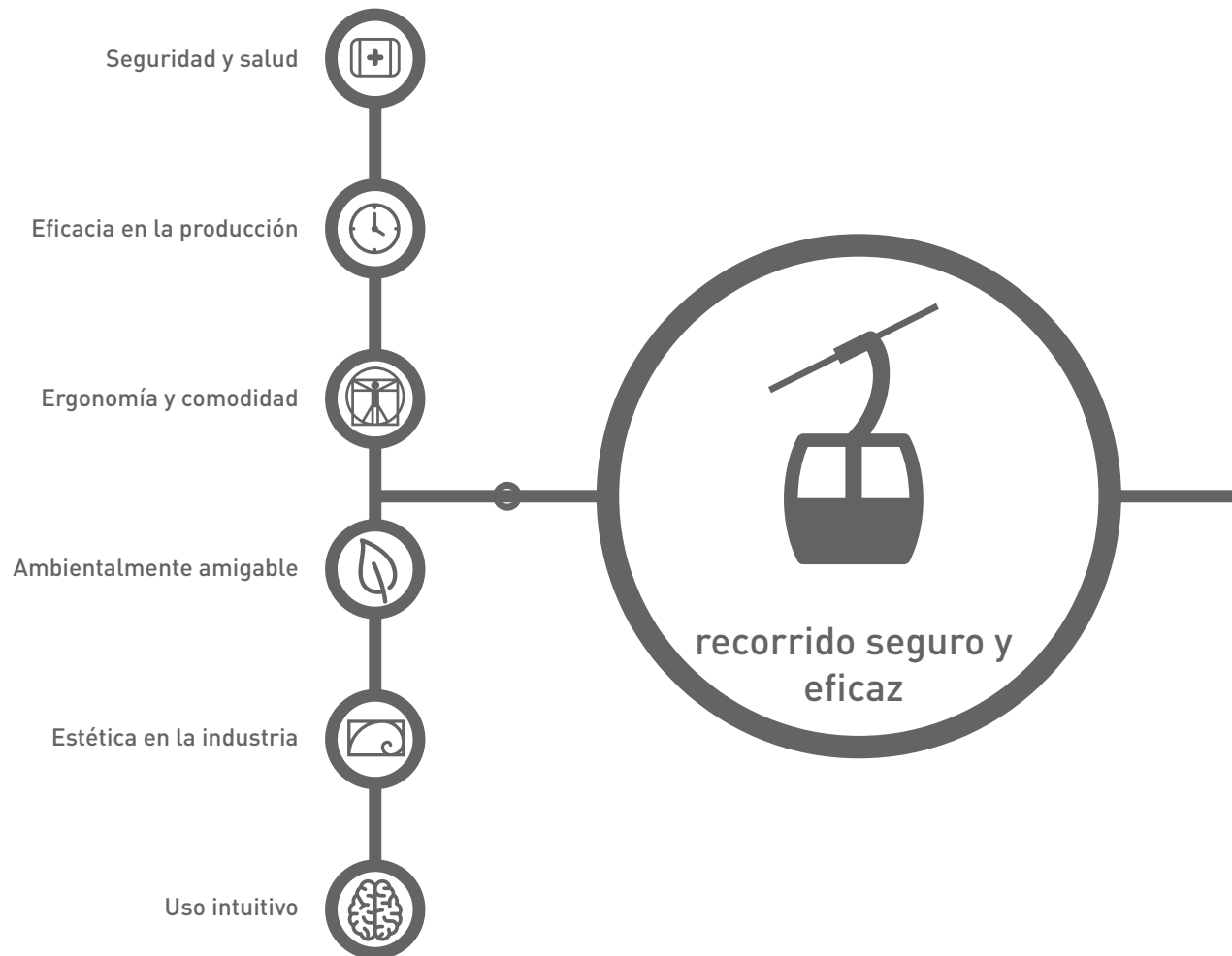
# Establecer requerimientos: características

## Sistema de transporte por cable vía

solicitud	Deseable o necesario	respuesta	cuantificación
Rapidez variable	deseable	interfaz de manejo	km/h
Acople para racimos	deseable	diseño estandarizado	-
Aguantar 150+ kg	<b>necesario</b>	material/estructura	kg
Liviano	<b>necesario</b>	material/estructura	kg
Cargar herramientas	deseable	forma/acople	-
Luz	deseable	iluminación integrada	lúmen - V
Multidirección	<b>necesario</b>	portabilidad	-
Cargar 1 persona	<b>necesario</b>	asiento dedicado	kg
Uso de paneles solares	deseable	sistema motriz eléctrico	V - W
Buena autonomía	deseable	espacio para combustible	Wh
Protección del sol y lluvia	deseable	cubierta	-
Aguantar pendiente de 1%	<b>necesario</b>	potencia en sistema motiz	W - HP - Nm
recorrer 10 km	<b>necesario</b>	espacio para combustible	Wh
apoyo para pies	<b>necesario</b>	diseño ergonómico	-
bajo costo	deseable	materiales y manufactura	\$
estética	deseable	material y acabado	-



# Desarrollo de concepto: características



## qué es?

Un vehículo que funciona con motor eléctrico

## para quién?

para inspectores y recolectores de banano

## para qué?

para transportar los funcionarios de manera eficiente

## cómo?

utilizando la energía eléctrica con un motor en un vehículo liviano y relativamente rápido



# Desarrollo de propuestas

## Propuesta 1

### Descripción

Se trata de una máquina en forma de Z que representa la electricidad que se está aprovechando. Es plegable para facilitar transporte y desmontaje.

### Motriz

El sistema tiene un motor arriba que con cadenas mueve las roldanas en contacto con el cable vía. Bajo este motor se encuentran las baterías.

### Geometría

Es angosto y corto, no toma mucho espacio. Por ser de aluminio no pesa mucho.

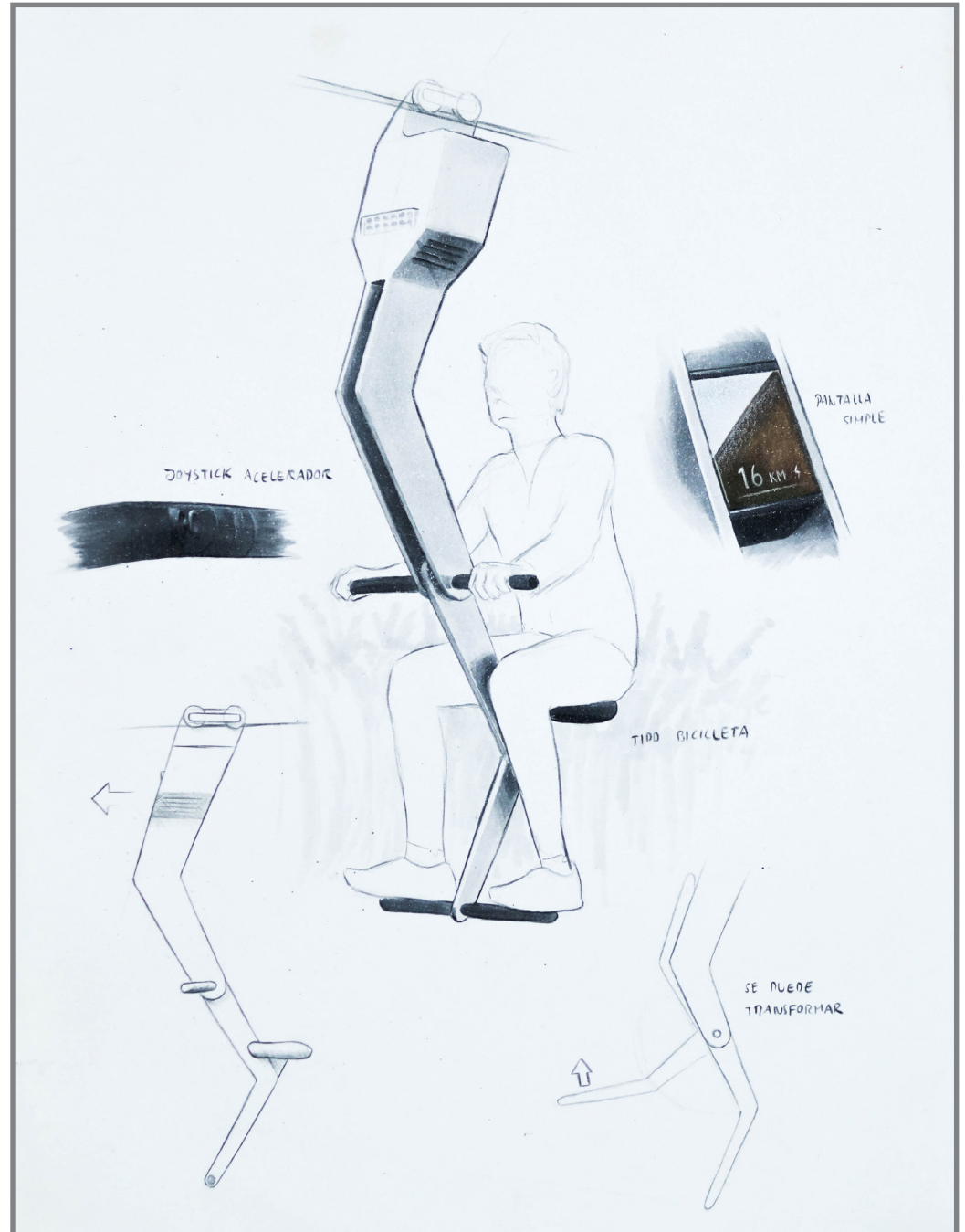
### Interfaces

El motor se maneja por medio de un joystick en el manubrio. En el centro hay una pantalla que comunica al usuario la velocidad, la hora y la autonomía de la batería.

El usuario se apoya en el manubrio y el apoyo para pies, así como el asiento o banca, el cual es ajustable en su altura.

### Componentes

Tiene una luz para iluminar el camino y avisar a peatones a lo lejos.



# Desarrollo de propuestas

## Propuesta 2

### Descripción

Es básicamente un asiento colgante.  
Tiene respaldo para mayor comodidad.

### Motriz

El sistema tiene dos motores arriba que con cadenas mueven las roldanas en contacto con el cable vía. Bajo este motor se encuentran las baterías.

### Geometría

Tiene las dimensiones de una silla de escritorio, no es muy grande.

### Interfaces

El motor se maneja por medio de un joystick en el descansa brazos. En el descansabrazos hay una pantalla que comunica al usuario la velocidad, la hora y la autonomía de la batería.

El usuario se apoya en el descansa brazos y en la base y respaldo del asiento.

### Componentes

Tiene 2 motores para mejor tracción





# Desarrollo de propuestas

## Propuesta 3

### Descripción

Su diseño es similar al de una moto o un jetski pero más delgado.

### Motriz

El sistema tiene dos motores arriba que con cadenas mueven las roldanas en contacto con el cable vía. Bajo este motor se encuentran las baterías.

### Geometría

Es un poco más largo que las otras propuestas, pues este tiene una silla tipo motocicleta.

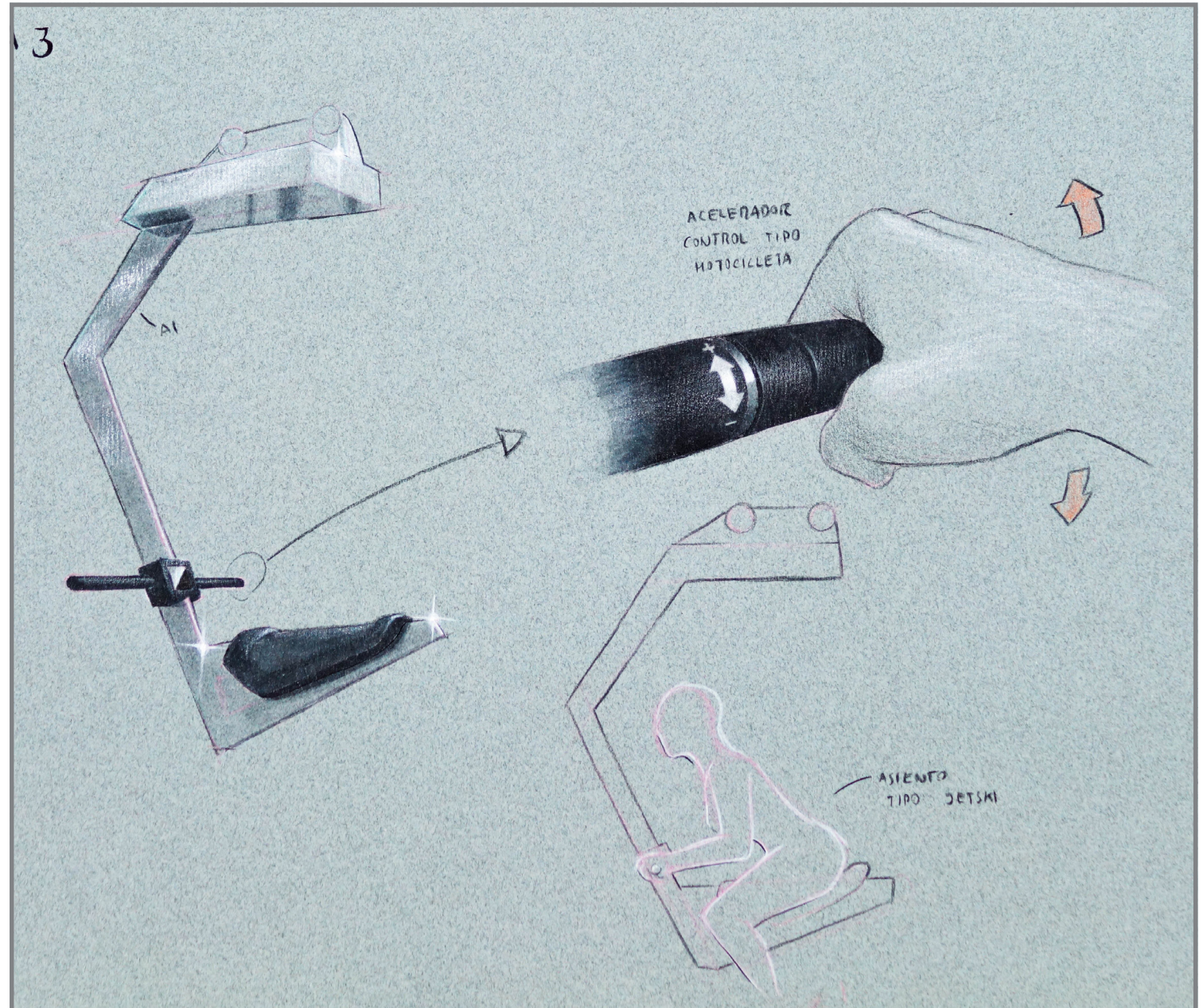
### Interfaces

El motor se maneja por medio de un acelerador de motocicleta en el manubrio. En el centro hay una pantalla que comunica al usuario la velocidad, la hora y la autonomía de la batería.

El usuario se apoya en el manubrio y en el asiento.

### Componentes

Tiene 2 motores para mejor tracción  
Tiene un acelerador de motocicleta para mayor intuición.





# Desarrollo de propuestas

## Propuesta 4

### Descripción

Es un asiento colgante con refuerzos a los lados y sin respaldo completo, solo la protección del usuario.

### Motriz

El sistema tiene dos motores arriba que con cadenas mueven las roldanas en contacto con el cable vía. Bajo este motor se encuentran las baterías.

### Geometría

Tiene las dimensiones de una silla de escritorio, no es muy grande.

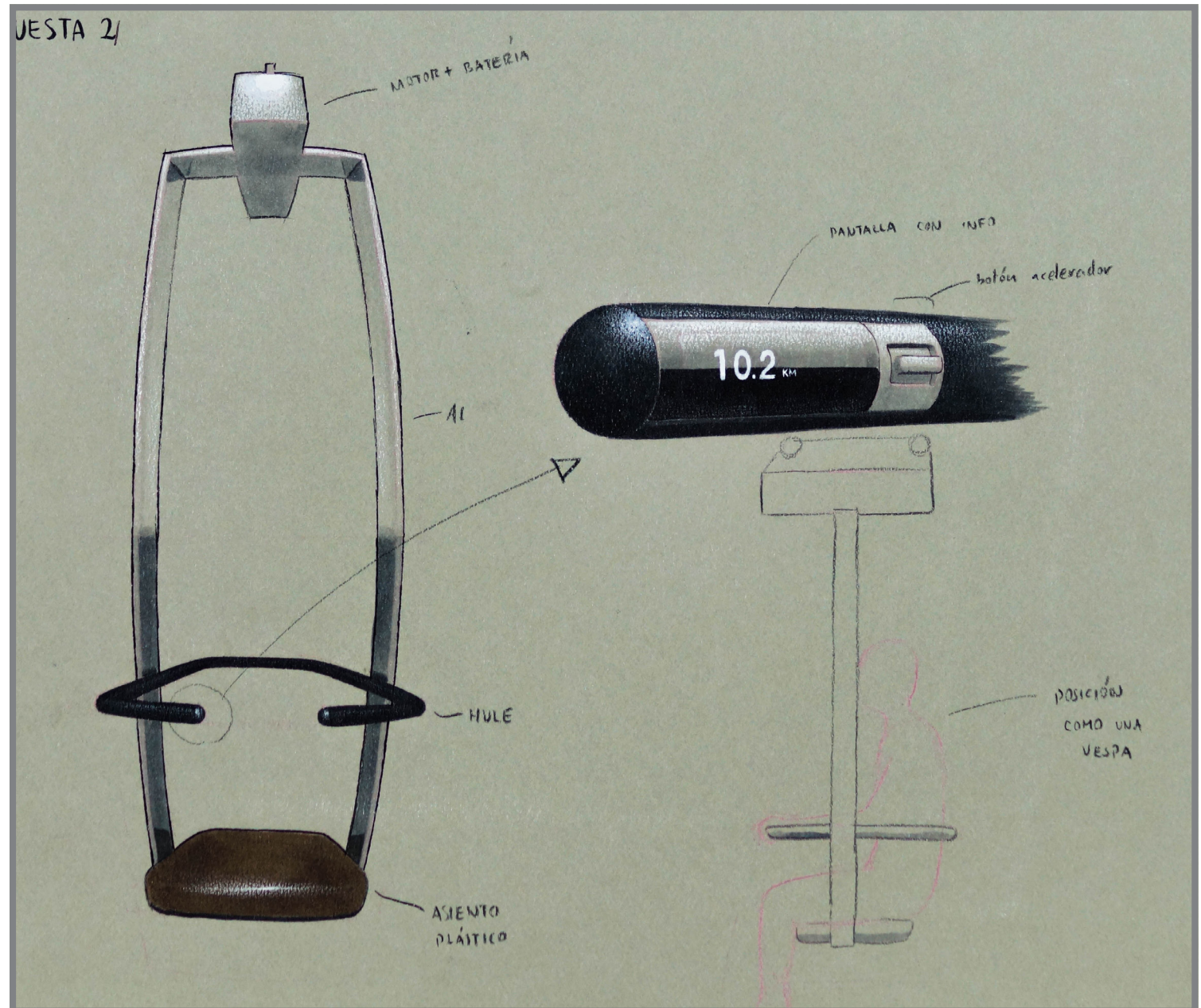
### Interfaces

El motor se maneja por medio de un botón en el descansa brazos. En el descansabrazos hay una pantalla pequeña que comunica al usuario la velocidad, la hora y la autonomía de la batería.

El usuario se apoya en el descansa brazos y en la base y respaldar del asiento.

### Componentes

Tiene 2 motores para mejor tracción



# Análisis de propuestas

## Matriz comparativa

Característica	Causa	1	2	3	4	Categoría
ligereza	Utiliza muy poco material	• • • •	• • • •	• • •	• • •	eficiencia energética
autonomía	No requiere de algún combustible o recarga	• • • •	• • •	• • •	• • •	
rapidez necesaria	el motor genera suficiente energía para hacer trabajo	• • •	• • • •	• • • •	• • • •	
amigable con el ambiente	No despiden gases o secreciones contaminantes	• • • •	• • • •	• • • •	• • • •	
menor esfuerzo	Tiene una máquina que evita el esfuerzo del usuario	• • • •	• • • •	• • • •	• • • •	ergonomía
ergonomía	El asiento se ajusta con niveles	• • • •	• • • •	•	• •	
comodidad	Tiene respaldo y la superficie de curva para acomodar al usuario	• •	• • • •	• •	• • •	
seguridad	Tiene un asiento y soporte para extremidades	• • •	• •	• • •	• • • •	
sanidad	Provee protección ante el clima y no despiden gases peligrosos	•	•	•	•	
estética	Tienen acabado básico	• • • •	•	• • •	• •	estética
tamaño	No tiene que acomodar tantos componentes	• • • •	• •	• •	• •	integridad física y mecánica
estabilidad	Tiene puntos de apoyo separados en el cable pero el centro de masa está muy lejos de ese punto	• • •	• •	• •	• • • •	
robustez	Tiene un marco resistente y materiales mecánicamente resistentes	• • • •	• • • •	• •	• •	
menor costo mantenimiento	No requiere recarga/combustible, alimentación, mantenimiento mecánico o veterinario	• • • •	• • • •	• • • •	• • • •	Costo
menor costo inicial	Son componentes simples y baratos y manufactura simple	• •	• •	• •	• •	
multidirección	Se puede dar vuelta fácilmente					Manejabilidad
SUMA		50	45	44	44	

# Análisis de propuestas

## Matriz comparativa

### Observaciones generales

Todos los sistemas son amigables con el ambiente y tienen buena autonomía, pues eso es lo que se intenta hacer con las propuestas. Todos son diferentes a la competencia o referencia por el hecho de que tienen un motor eléctrico.

En algunos se puede ver una estética más destacada y alejada de la semántica industrial.

Se puede notar que ninguna propuesta tiene una manera de proteger al usuario de agente ambientales como la lluvia y el sol, y por eso todos tienen una baja calificación en eso. El Eurasia Consult si tiene techo, lo cual le da mayor puntaje.

Todos tienen tamaño compacto, sin embargo solamente la propuesta 1 tiene un tamaño lo suficientemente compacto para pasar sin problema entre ramas de árboles.

Otro aspecto que se debe considerar en el futuro es el cambio de dirección del sistema, pues no se puede simplemente descarrilar y cambiar de dirección , ya que las rondanas pegarían con el sistema de cable vía.

# Análisis de propuestas

## Encuesta sobre interfaces

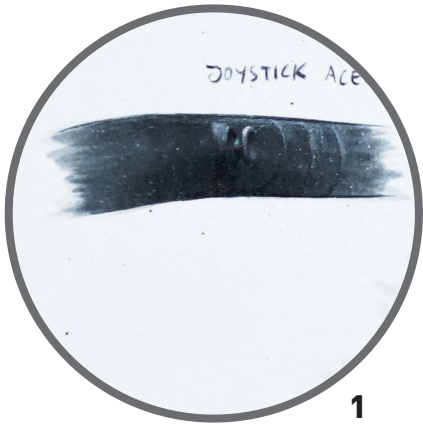
### Práctica

En la matriz no se analizó usabilidad de los sistemas, entonces se aplicó en la finca de Matina una encuesta a 3 trabajadores y 2 capataces de la finca. Se les pidió que ordenaran por orden de más intuitivo a menos intuitivo.

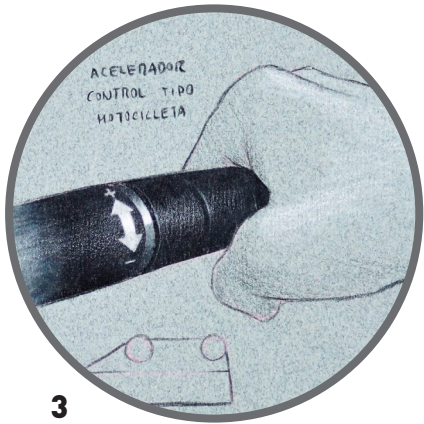
	A	B	C	D	E
....	3	3	2	1	3
...	2	2	1	2	1
..	1	1	3	3	2
.	4	4	4	4	4

### Práctica

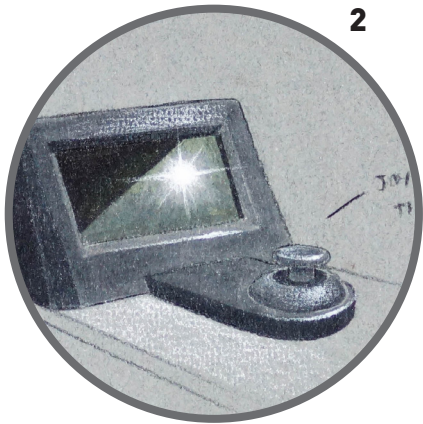
Se les expuso las 4 propuestas y se les cuestionó principalmente sobre cada interfaz de aceleración.



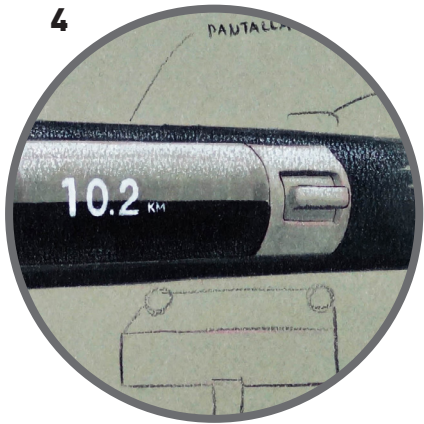
1  
.....  
14



3  
.....  
16



2  
.....  
15



4  
.....  
5



# Selección de propuesta

## Criterios de selección

### Método

Se seleccionó la propuesta utilizando la misma matriz de comparación de las alternativas del mercado, pero también se programó una reunión con el gerente de operaciones de la empresa y el superintendente de ingeniería industrial de la finca para exponer y seleccionar las propuestas.

La matriz apuntaba la propuesta 1 como ganadora, sin embargo los usuarios también señalaron la primera propuesta como la favorita.

El detalle que si quisieron cambiar fue el del manubrio de motocicleta, medido por la encuesta mostrada anteriormente.

### Cosas por cambiar

Se debe de agregar un techo para proteger a los usuarios del sol y de la lluvia

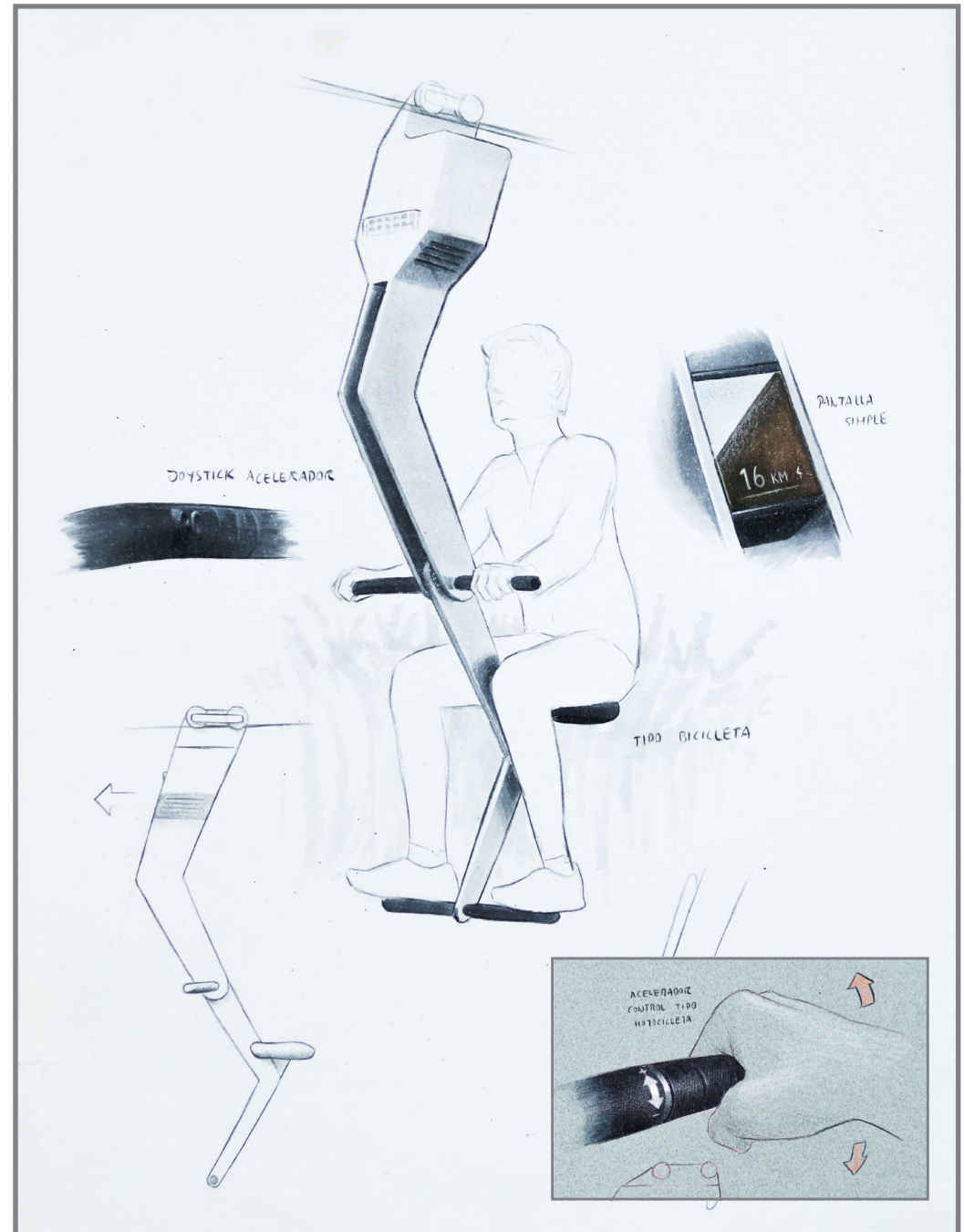
Se debe de agregar el acelerador de la propuesta 3

Se debe agregar un mecanismo que permita que la máquina cambie de dirección.

Se debe de alargar el espacio entre los puntos de apoyo en el cable vía para agregarle más estabilidad y seguridad al moverse.

### Cosas por eliminar

Se debe eliminar el mecanismo de plegabilidad para transporte, pues no es práctico para el usuario si el sistema desarrolla como dar vuelta al vehículo de manera mecánica. Por más que la estructura sea liviana, los componentes no lo son.





# Evaluar y estimar costo y factibilidad

## Costos de componentes y manufactura

### Estimado

Se hace un estimado del costo de los componentes necesarios y la manufactura en el mercado en este momento. Se analiza si es factible para ver si supera a la mula en gastos

### Presunciones

Se predice que la empresa no va a emprender gastos en objetos que ya tiene y en servicios que ya provee, como el ensamble, construcción y transporte.

### Servicios

Objeto	Costo (¢)
Soldadura	35000
Corte plasma	20000
Transporte	30000
Ensamble	50000

¢135000

### Materiales y componentes

Objeto	Costo (¢)
Lámina Al	120000
Tornillos	2000
Objetos vehículo	15000
Ensamble	50000
Tubo Al	5000
Estructura Al	15000
Electrónica	20000
Motor	100000
baterías	300000
Controlador	20000
Acelerador	10000
Asiento	10000
Roldana	0
Cadena	600

¢657600

### Mantenimiento

Objeto	Costo (colones)
Batería	75000 al año

Total para iniciar: ¢792,600.00

Iniciar con mula: ¢849,280.12

Ahorro inicial: ¢56,680.12

Anual vehículo: ¢75,000.00

Anual mula: ¢560,963.62

Ahorro anual: ¢485,963.12

### Conclusión

El vehículo deja una formidable ventaja sobre el mantenimiento de mulas, especialmente en el costo de mantenimiento, si se trata con cuidado.

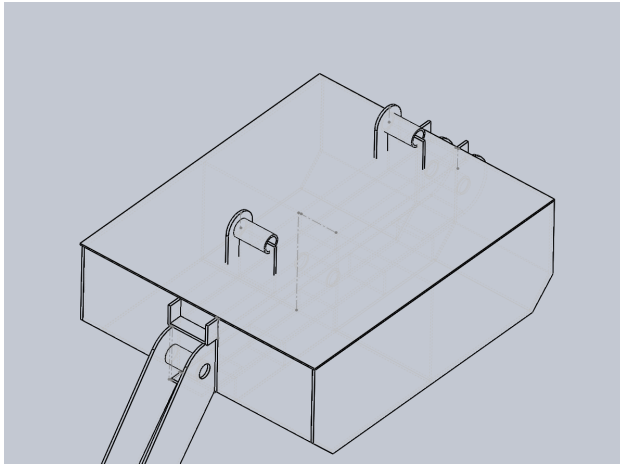
# FASE 3:

## Diseño nivel sistema

Planeación de variaciones	_____
Definición de sistemas y subsistemas	_____
Planteamiento de ingeniería de componentes	_____
Proveedores de componentes clave	_____
Definición esquema de ensamble	_____

# Planeación de variaciones

## Alternativas para rotar



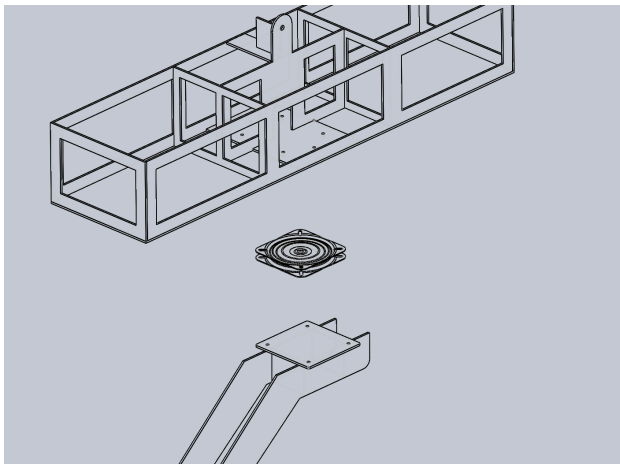
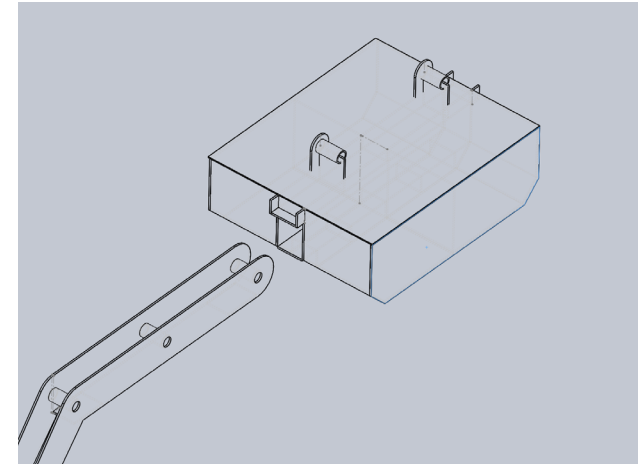
### Propuesta 1

La primera propuesta trata de un sistema que se integra a la estructura que contiene los motores.

Esta va de un extremo a otro y tiene alta integridad estructural, por su tamaño y piezas de metal.

Una vez que sale por el otro extremo, se engancha con una varilla y la misma presión del sistema lo mantiene en su lugar.

El usuario debe de primero remover la estructura y luego insertarla en el otro lado para cambiar la dirección del vehículo.

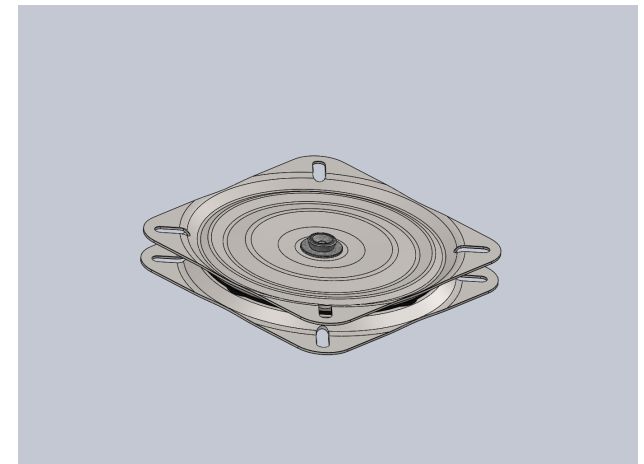


### Propuesta 2

La segunda propuesta utiliza un sistema más sofisticado, tiene una placa rotativa igual a las utilizadas en sillas rotativas de trabajo altas y metálicas.

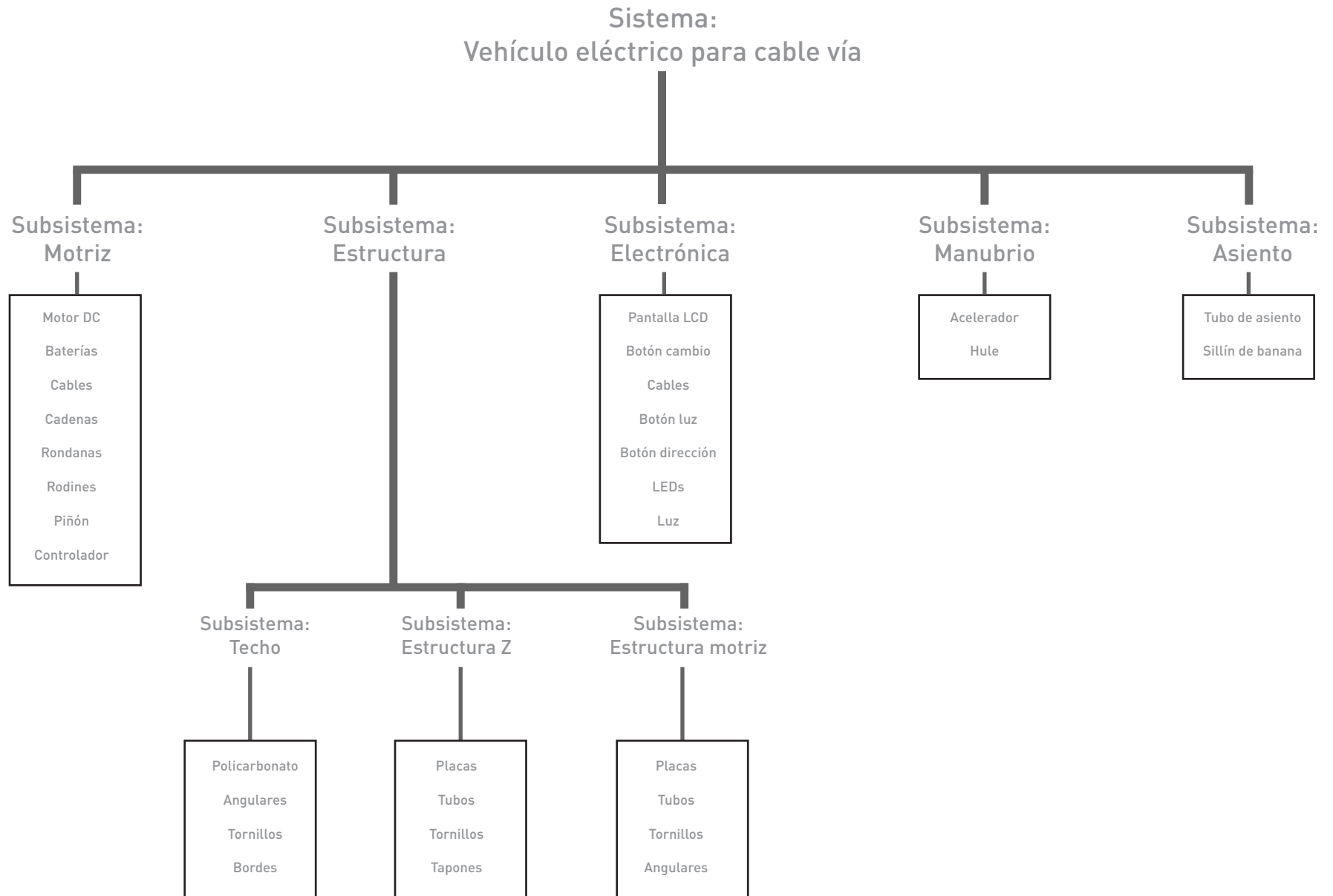
Las placas están diseñadas para poder sostener más de 150 kilos, lo cual se encuentra dentro de los parámetros establecidos en este proyecto.

Para fijar el vehículo y que este no gire mientras esta en movimiento, se plantea un mecanismo de rosca que el usuario gira desde abajo y conecta la estructura inferior con la superior.



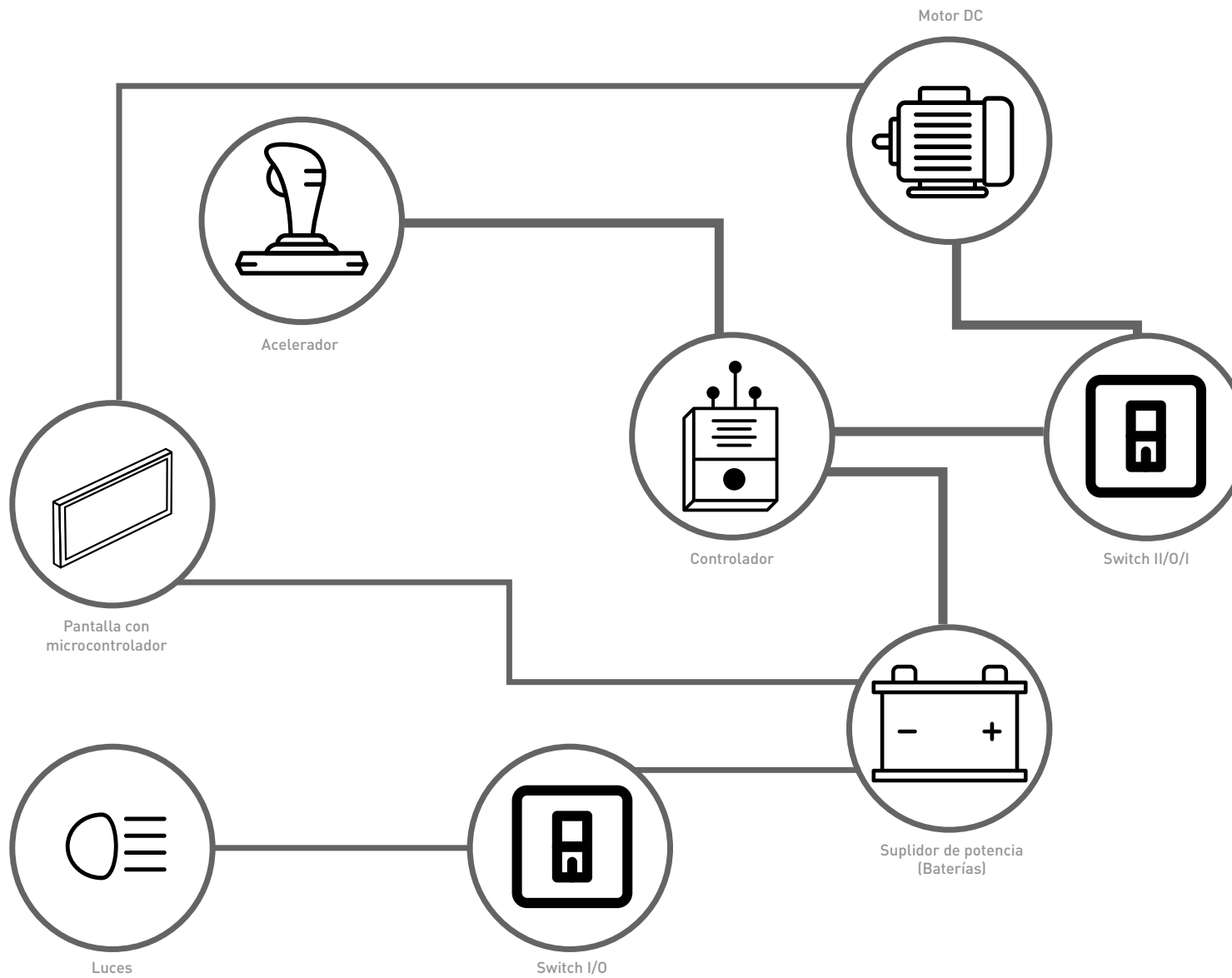
# Definición de sistemas y subsistemas

## Sistema de transporte por cable vía



# Planteamiento de ingeniería de componentes

## Electrónica



### Explicación

La batería de litio alimenta el motor DC, pero no sin antes pasar por el controlador. En el controlador no solo se protege al motor de picos y altas corrientes, si no que se lee cuando el usuario está utilizando el acelerador para saber cuándo y cuánta electricidad dirigir hacia el motor.

También conectado a la batería (que consiste de varias unidades) está el resto del sistema.

La luz está directamente conectada a la batería, interrumpida solamente por el botón que se encuentra en la interfaz de usuario.

Existe un switch de 2 posiciones entre el motor y el controlador que dependiendo de la posición en la que se encuentra, fluye la electricidad en los cables del motor y define si el motor va hacia adelante o hacia atrás.

La pantalla está embebida a un microcontrolador que lee la cantidad de carga en las baterías, así como la velocidad a la cual se mueve el motor para calcular la velocidad del usuario. También tiene almacenamiento de memoria para saber la hora.

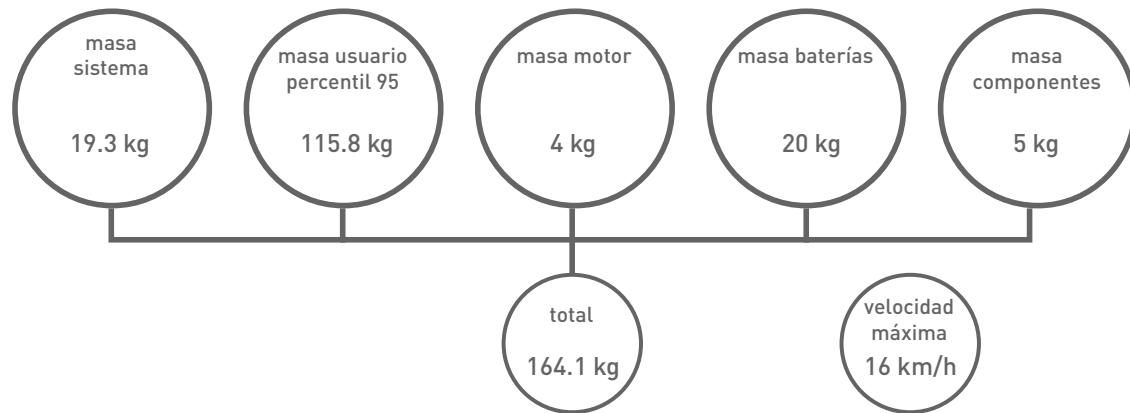
# Planteamiento de ingeniería de componentes

## Electromecánica

### Método

Se hizo consultas y varias visitas a las oficinas de la escuela de Ing. en mantenimiento industrial o electromecánica, donde se asesoró con los profesores Gustavo Gómez y Julio Rojas.

Principalmente se buscó motores y se hizo cálculos para saber cuál motor es el más adecuado para el sistema desarrollado en este proyecto.



### Recordar

$$T_A \cdot \omega_A = T_B \cdot \omega_B$$



$$v = r \cdot \omega$$

#### Motor 1 Amazon Unite Motor

V = 24V  
P = 350W  
v = 324 rpm  
 $\tau = 11 \text{ Nm} = 110 \text{ kgcm}$   
m = 2,98 kg  
I = 19,2 Amp

$$324 \text{ rpm} = 34 \text{ rad/s} = \omega$$

$$r \text{ de piñón} = 0.03 \text{ m}$$

Alcanzaría 3,66 km/h.

#### Motor 2 Amazon ZDX163

V = 48V  
P = 2000W  
v = 4300 rpm  
 $\tau = 11 \text{ Nm} = 110 \text{ kgcm}$   
m = 6,3 kg  
I = 42 Amp

$$4300 \text{ rpm} = 450.3 \text{ rad/s} = \omega$$

$$r \text{ de piñón} = 0.03 \text{ m}$$



# Proveedores de componentes clave

Algunos proveedores de componentes son tiendas Online porque son la mejor opción para conseguir un componente más barato y de mejor calidad que lo que se consigue en Costa Rica.



## Amazon.com

En Amazon se consiguen **baterías, motores, controladores y manubrios** con acelerador eléctrico. **Tienda Online.**



## AliExpress.com

Se consigue lo mismo que en Amazon pero en mayor variedad y al por mayor. Tiende a ser más barato pero de menor calidad. **Tienda Online**



## Aceros Cartago

Se consigue láminas, tubos, barras y platinas de **aluminio** de varios tamaños y calibres. **San Rafael de Cartago.**



## SUMITEC

Se consigue láminas, tubos, barras y platinas de **aluminio** de varios tamaños y calibres. Ofrece el servicio de **corte plasma**. **Taras de Cartago.**



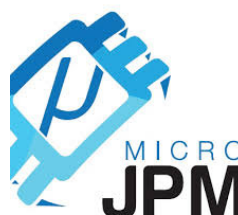
## TIPSA

Ofrece el servicio de **soldadura** de aluminio. **Tejar de Cartago.**



## Ciclo Herediano

Vende **sillines, tubos, manubrios, luces** y otros accesorios de bicicletas. **San José centro.**



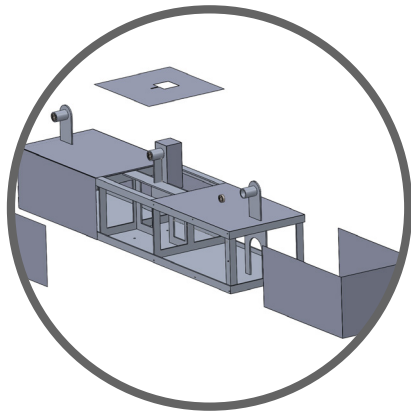
## MicroJPM

Tienda de electrónica, vende micro-controladores, prototipadores, botones, switches, entre otros. **Cartago centro.**

# Definición de esquema de ensamble

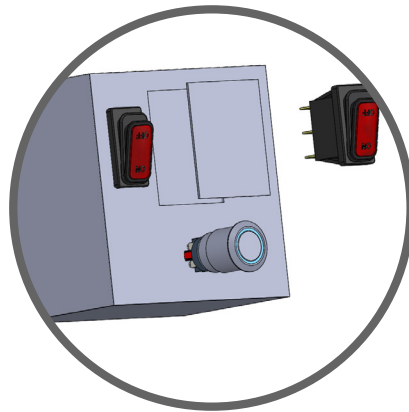
## Ensamblar la estructura superior.

1. Se sueldan las piezas angulares.
2. Se suelda la placa inferior.
3. Se sueldan las placas transversales.
4. Se sueldan las placas paralelas.
5. Se sueldan los tubos.
6. Se agregan los roles, tornillos y rondanas.
7. Se agrega y se atornilla de una vez la lámina externa.
8. Se agrega y se atornilla los componentes de motor.



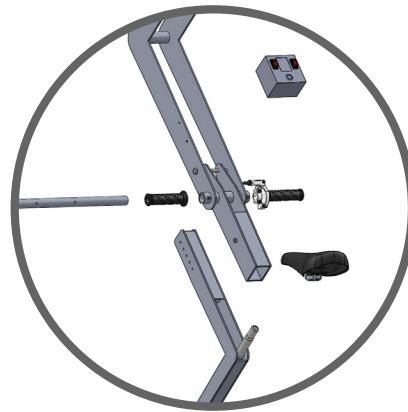
## Ensamblar la interfaz.

1. Se hace la caja de metal (se dobla) y se pinta.
2. Se insertan los componentes.
3. Se conectan los componentes interna y externamente.
4. Se cierra y se atornilla la caja.



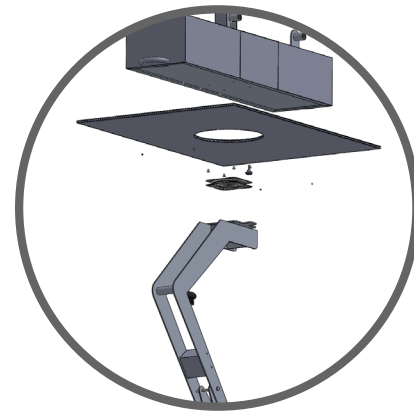
## Ensamblar la estructura inferior.

1. Se sueldan las placas con los tubos.
2. Se sueldan las placas pequeñas con las partes ya soldadas.
3. Se ponen las partes sueltas como el manubrio, la interfaz y el sillín.
4. Se atornillan las partes necesarias.



## Ensamblar la estructuras

1. Se atornilla la estructura inferior con la placa rotativa y la estructura superior.





# FASE 4:

## Diseño de detalle

Definir geometría

Indicación de materiales

Proceso de manufactura y producción

Solución

Conclusiones

# Definir geometría: posicionamiento y dimensiones

## Posicionamiento de componentes clave

### Componentes externos con medidas predeterminadas

Antes de construir y dimensionar la estructura hay que asegurarse de que los componentes quepan dentro de la misma. Muchos componentes vienen con medidas estandarizadas por la industria y el mercado, como es el caso de manubrios en motocicletas y bicicletas o el tamaño de baterías en diferentes categorías de automóviles. Para este caso se toma en cuenta tamaños promedio y en extremos grandes para que, en caso de cambios a última hora o modernización o mejor de componentes se utilice un componente que exceda las dimensiones previamente definidas. A partir de estos componentes también se definen las distancias y posiciones de tornillos y otros componentes estandarizados dentro de la estructura.



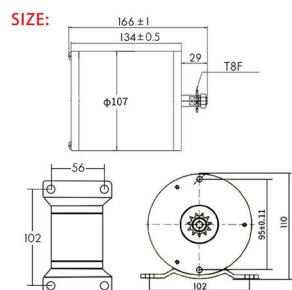
**Manubrio estandarizado 22 mm**

Para compatibilidad con los aceleradores de manubrio se requiere de un tubo de aluminio de 22 mm diámetro externo.

**Diámetro externo: 22 mm**

**Diámetro interno: irrelevante**

**Largo: Ancho de hombros 95 = 60 cm**



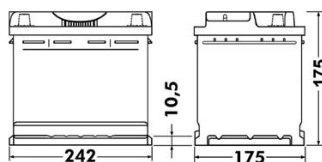
**Motor DC**

Solo se va a necesitar un motor DC para poder impulsar el vehículo, por lo cual se toman en cuenta las dimensiones de solamente 1 motor.

**Altura: 110 mm**

**Ancho: 102 mm**

**Largo: 166 mm**



**Batería de 24 V**

La mayoría de motores capaces de halar la cantidad de peso total del sistema necesitan de 48 V de tensión. Las baterías de 48 V escasean pero las de 24 V no.

**Altura: 173 mm**

**Ancho: 230 mm**

**Largo: 305 mm**



**Controladores**

El controlador usualmente depende de la complejidad del sistema, tiene por dentro la electrónica que controla la aceleración, el frenado, las baterías y extras.

**Altura: 50 mm**

**Ancho: 100 mm**

**Largo: 150 mm**



**Placa rotativa**

La placa rotativa es la que une la estructura que soporta al usuario con la estructura que contiene los motores y baterías

**Altura: 20 mm**

**Ancho: 160 mm**

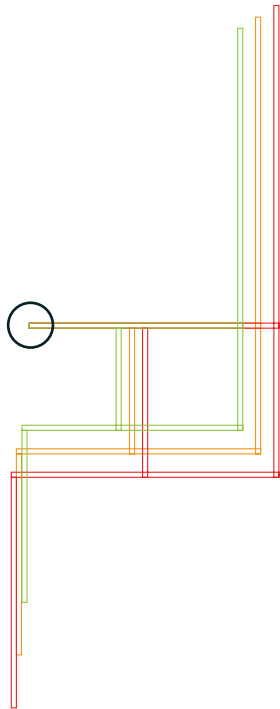
**Largo: 160 mm**

# Definir geometría: posicionamiento y dimensiones

## Diseño a partir del usuario

### Apoyo fijo en extremidades superiores

En esta opción se estiran en su mayoría las piernas del usuario, lo cual no tiene problema siempre y cuando no se estiren hasta su extremo y puedan ejercer presión en el apoyo para los pies. No importa la altura del sillín los codos siempre estarán por igual o encima del manubrio.



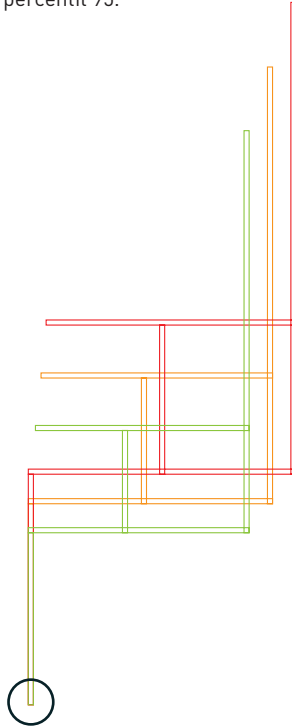
#### Explicación

Para cumplir con salud laboral en temas de antropometría y posición, se debe analizar pensando en cuales puntos de apoyo del usuario van a estar fijos, ya que modificar todo complica el sistema y la usabilidad. Se analiza usando percentiles 5 y 95 de una posición sedente de espalda recta.

Colores:            Percentil 5  
                         Promedio  
                         Percentil 95

### Apoyo fijo en extremidades inferiores

En esta posición la diferencia entre los percentiles recae en la flexión de los antebrazos. Dependiendo de la posición del sillín, el usuario más grande tendría que estirar más los brazos y el más pequeño tendría que hacer una flexión menor a 90 grados. Para que esto ocurra, el manubrio tendría que estar muy cerca de las piernas para el percentil 95.



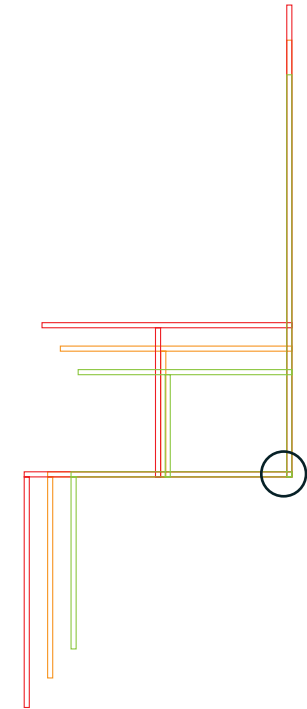
#### Condiciones para salud

Como se mencionó en la fase 1 del proyecto, para un vehículo en movimiento con manubrio el usuario debe tener los codos en una posición por encima del manubrio y no flexionarlos menos de 90 grados para evitar fatiga y accidentes por inercia.

Se debe también darle importancia al ángulo del sillín pues este es el que define la posición correcta de la columna y no el resto del cuerpo. Los brazos no deben estar tan estirados pues esto provoca curvatura en la espalda.

### Apoyo fijo en cadera-glúteos

En este caso se estirarían ambas extremidades y depende del usuario tener una posición correcta, sin embargo no se controla si el usuario tiene los codos por encima o por debajo del manubrio.



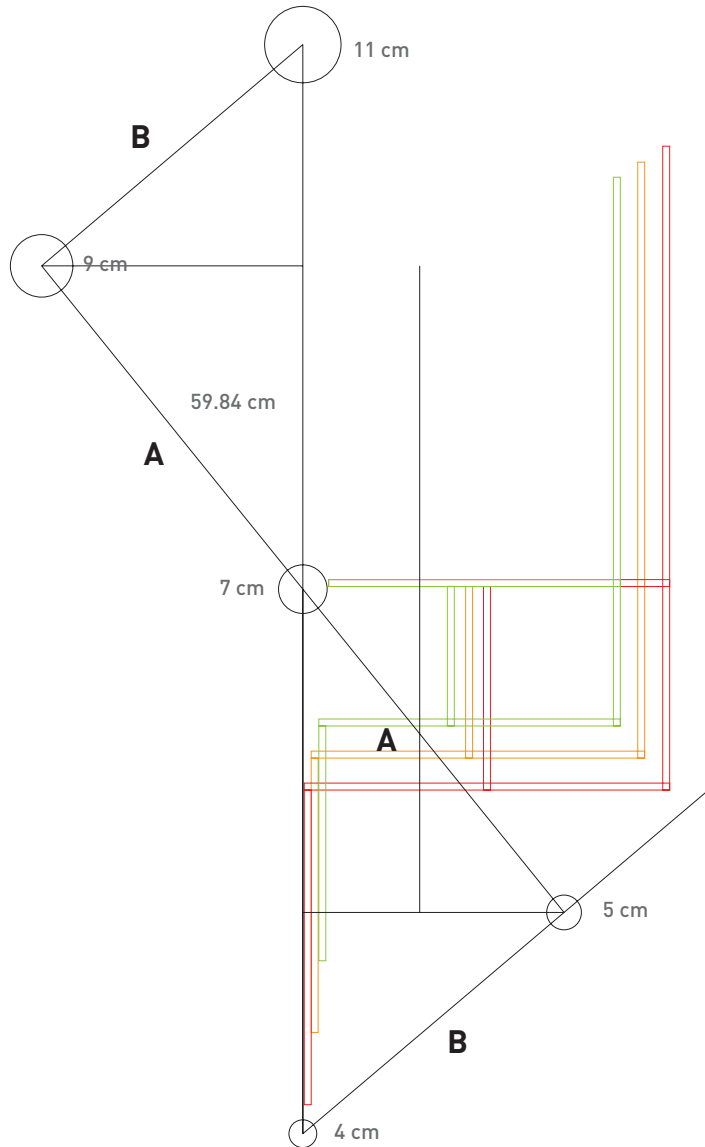
#### Conclusión

Se elige que el apoyo fijo sea en los brazos puesto que esta opción permite que el diseño cumpla con las condiciones anteriormente mencionadas para un rendimiento adecuado que contempla la salud laboral.

Sin embargo se debe de considerar que los brazos no pueden estar flexionados en 90 grados todo el tiempo para que fluya la sangre, lo cual propone que el sillín se posicione más atrás y su altura defina el ángulo de los codos.

# Definir geometría: posicionamiento y dimensiones

## Diseño a partir del usuario



### Puntos de quiebre, central y extremos

A partir de la posición elegida del usuario, se diseña la estructura en forma de Z o rayo con el manubrio en el centro y el asiento protuberando del punto de quiebre inferior.

El extremo inferior es el apoyo de los pies del usuario.

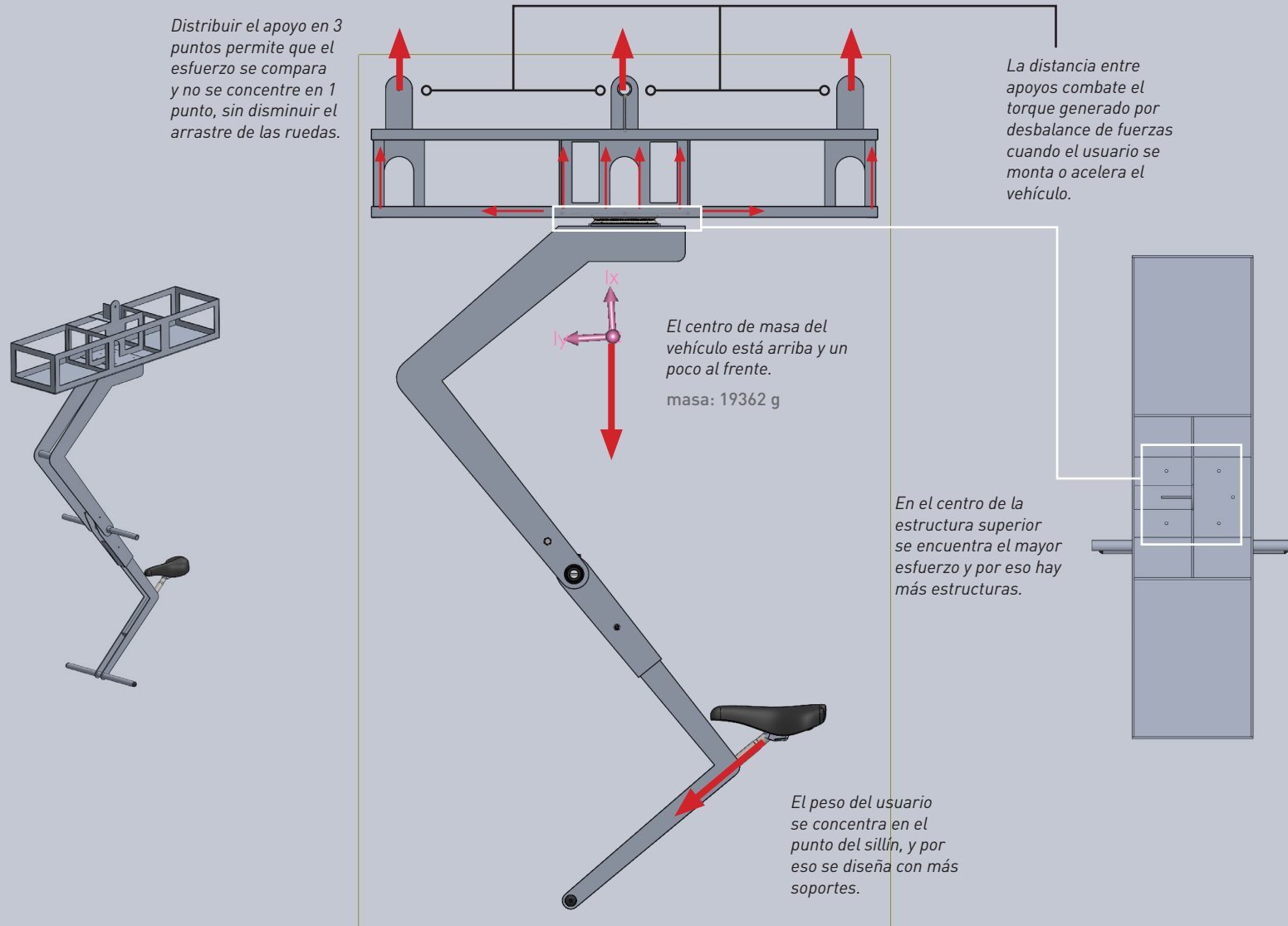
El punto medio divide 2 partes de la Z que están separadas en sus extremos y puntos de quiebre por la misma distancia, dándole al sistema **simetría rotacional** para una percepción más llamativa y rígida.

Además, la distancia del punto central al punto de quiebre (A) está relacionada a la distancia del punto de quiebre al extremo (B) por medio de la **razón dorada o número áureo**. Esto permite una proporción más amigable y una distancia proporcionada entre los puntos de apoyo de la estructura.

Para reforzar el hecho de que la mayoría de tensión y esfuerzo en la estructura se concentra hacia arriba de la estructura, ya que esta recoge el peso del usuario, el ancho de la z es cada vez mayor conforme sube. Los diámetros son respectivamente 4 cm, 5 cm, 7 cm, 9 cm y 11 cm respectivamente.

La simetría ayuda también a que haya balance en el peso de la estructura y el centro de masa se mantenga en el centro respecto al motor y a los puntos de apoyo en el cable, para evitar torques que puedan descarrilar el vehículo.

# Definir geometría: posicionamiento y dimensiones



# Indicación de materiales

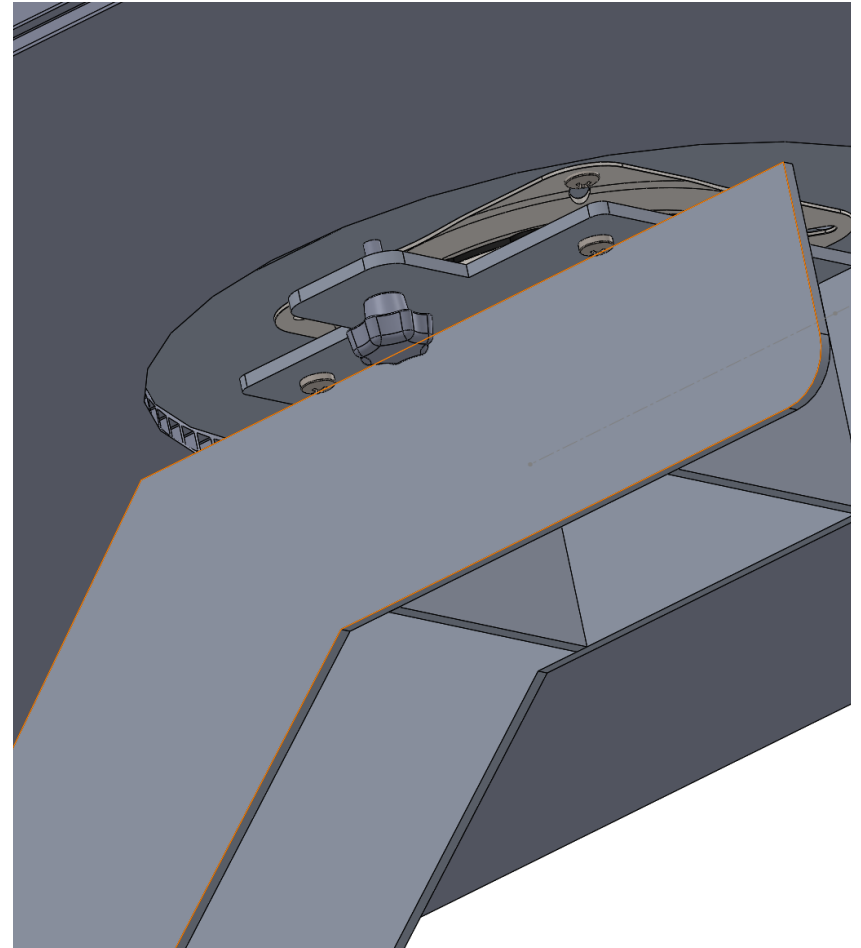
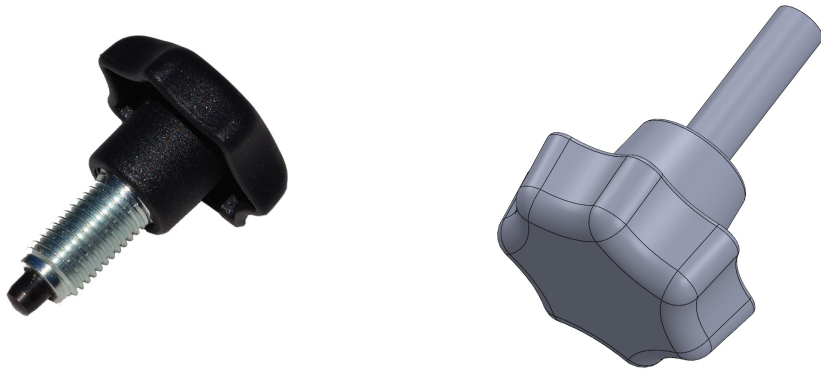
## Cómo detener la rotación

### Tornillo con mango

Tal y como se utiliza en las sillas ajustables, un tornillo con un mango es suficiente para que el usuario pueda manipularlo fácilmente.

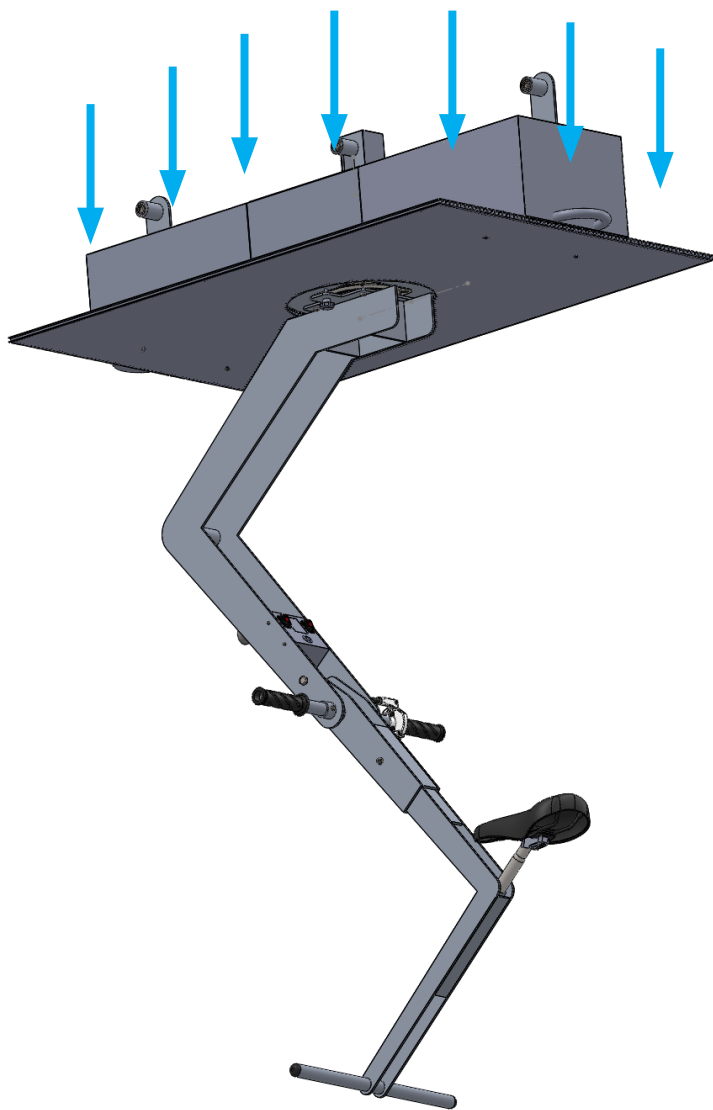
En la placa inferior de la estructura superior, al lado de la placa rotativa, se hace un hueco que encaja con el tornillo, el cual está adjunto a la placa metálica que une la estructura Z con la placa rotativa.

Es un componente intuitivo y no se necesita de mucha resistencia pues el movimiento de la placa igualmente tiene suficiente fricción para no moverse libremente.



# Indicación de materiales

## Cómo proteger al usuario de lluvia y sol



### Techo adjunto a estructura superior

La estructura superior ya provee un poco de protección por su tamaño, pero no satisfactoria.

Un usuario puede medir 60 cm de ancho, lo cual indica que es necesario que el techo sea más ancho que eso. Sin embargo en las dimensiones de las torres del cable vía, se observó que el vehículo no puede exceder los 80 cm, pues la medida mínima de espacio entre columnas es esa en todo el sistema.

Con base en eso se puede hacer un techo de 80 cm de ancho y 120 cm de largo, para aprovechar la longitud total de la estructura superior y poder atornillarla en los extremos.

La ventaja de atornillar en los extremos es que entre mayor sea el área sujeta, menos área del techo quedará libre causando ruido con el más mínimo movimiento.

Se aprovecha la placa plana de la parte inferior de la estructura para el motor, para hacer huecos y atornillar el techo. En el techo se deja un hueco circular de 15 cm de radio para que no colisione con el sistema rotativo.

# Indicación de materiales

## Materiales generales

Policarbonato

### Techo adjunto a estructura superior

Con base en la investigación y análisis se decidió utilizar estos materiales para el diseño del vehículo.

Se utiliza el aluminio por ser un material liviano y fuerte, sin ser tan costoso como otros y se puede trabajar fácilmente y conseguir en Costa Rica.

El acero se utilizó en partes que requieren de más esfuerzo o tienen mayor presión, como la placa rotativa y el tubo que sostiene el sillín.

El poliuretano o hule se utiliza en partes que se requiere que sean suaves o de alta fricción.

El policarbonato es un material que se consigue en Costa Rica y es resistente al sol y la lluvia. Es muy utilizado en techos externos.

Aluminio

Acero

Poliuretano



# Proceso de manufactura y producción

## a. Diseño e ingeniería de Proyecto

1  
Se desarrolla el Proyecto a partir de las **necesidades expuestas por el usuario**. Las necesidades expuestas por los ingenieros y gerentes de Grupo Acón mencionadas en la primera fase del proyecto. Se hace reuniones con los potenciales usuarios para conocer su trabajo y hacer pruebas.

2  
Se realizan los **planos dimensionados de las piezas** para impresión de folletos y cortes CNC.

## b. Orden de componentes y materiales

3  
Se hace la lista de componentes, materiales e insumos necesarios para la construcción del producto.

4  
Se ordena en primera instancia los componentes que vienen del extranjero y pueden tener una mayor duración para llegar a su destino final.

5  
Se ordena los componentes y materiales que se encuentran en el país.

6  
Se cotizan servicios externos y se solicitan  
Se cotiza el corte CNC

### Especificaciones del paso:

- Se cotiza la soldadura de piezas de aluminio
- Se cotiza la fabricación del casing de la interfaz central

### Especificaciones del paso:

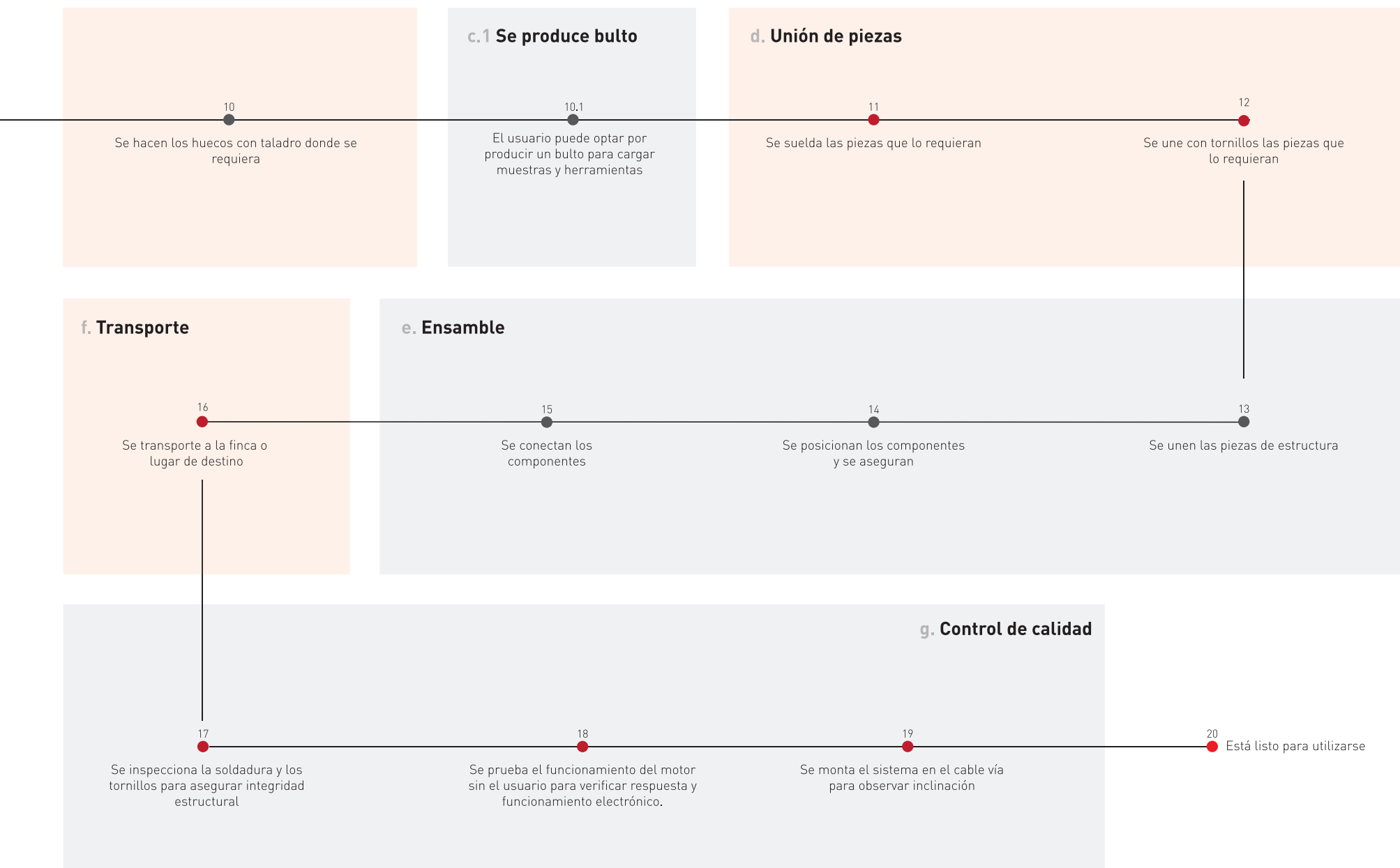
- Se ordena el motor DC de 1800 W mínimo
- Se ordena un set de baterías que iguale la tensión en voltios del motor DC y cuya medida de amperio-hora equivalga como mínimo a 1.5 veces la corriente en amperios del motor DC.
- Se ordena el controlador respectivo para el motor
- Se ordena los sistemas de interfaz para las manos.

## c. Corte de piezas estructurales

7  
Utilizando una cortadora de plasma CNC se **cortan las piezas que conforman la estructura** de la cual se apoya el usuario y el sistema motriz. Solo se cortan las piezas de láminas de aluminio.

8  
Utilizando una sierra circular se corta las piezas que conforman la estructura del sistema motriz.

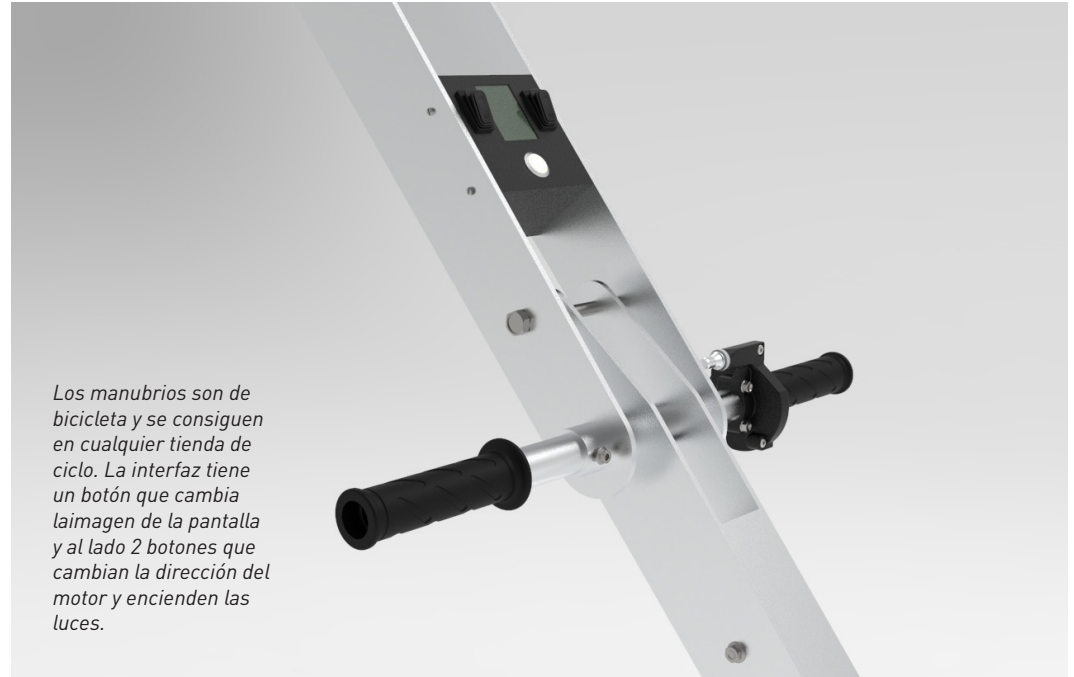
9  
Se cortan los tubos de unión de láminas y para el apoyo del usuario



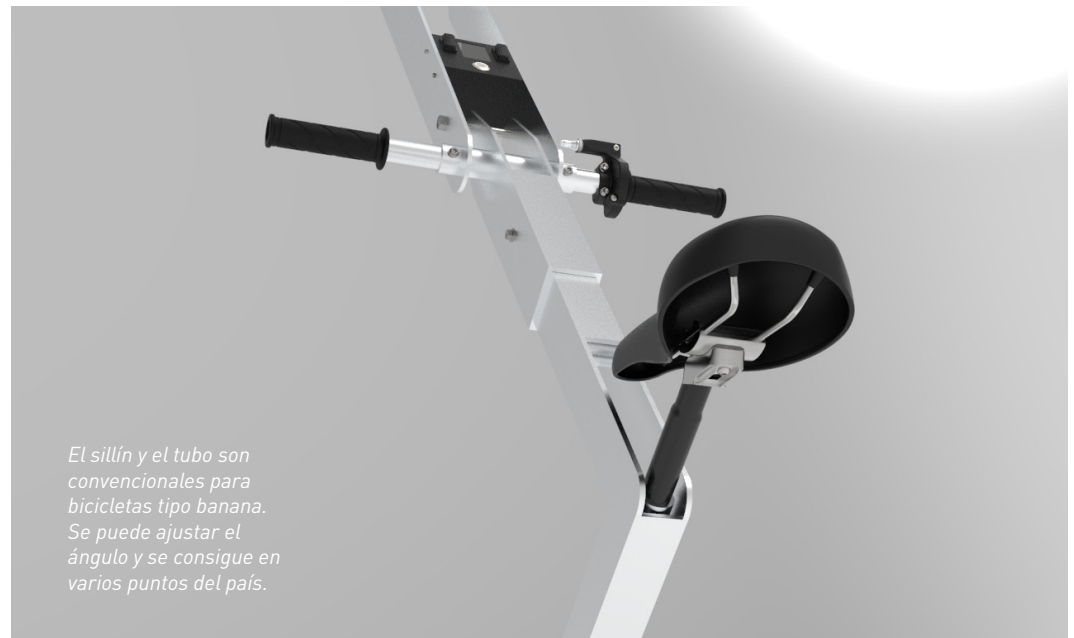
# Solución



*El sistema tiene un diseño limpio y estético bajo los estándares de la industria agropecuaria.*



*Los manubrios son de bicicleta y se consiguen en cualquier tienda de ciclo. La interfaz tiene un botón que cambia la imagen de la pantalla y al lado 2 botones que cambian la dirección del motor y encienden las luces.*



*El sillín y el tubo son convencionales para bicicletas tipo banana. Se puede ajustar el ángulo y se consigue en varios puntos del país.*

# Solución

## Características

Tiene una luz de 600 lúmenes para ver de noche o ser visto de día.

Tiene un pito de moto para llamar la atención.

Pesa en total 50 kg.

Tiene un sillín que cuya inclinación se ajusta.

Se ajusta la altura a la mitad.

Tiene un techo de policarbonato semitransparente.

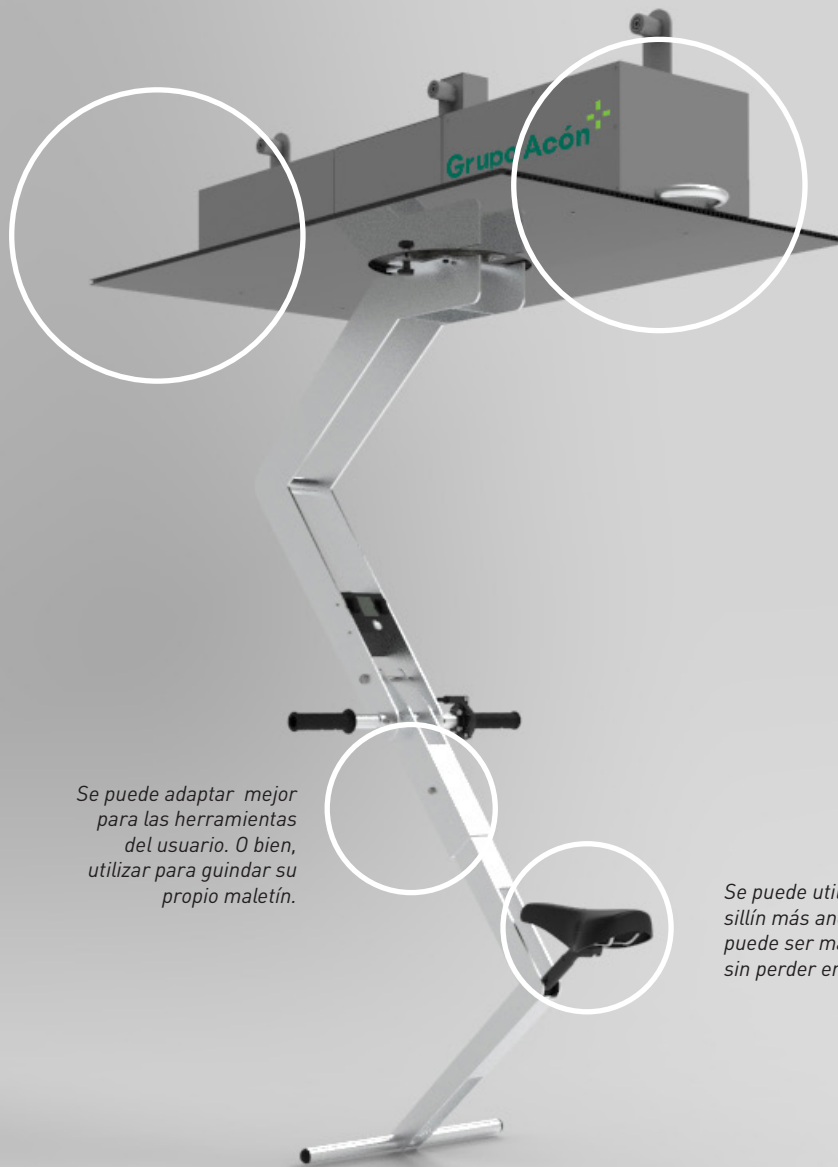
Tiene argollas y tornillos que permitan guindar muestras o acoplarse al tren de racimos.

Puede rotar 180 grados, es multidirección.



# Gradientes de mejora

*Se debe optimizar la estructura interna para que no se deba seguir tanto pasos para armarla y se reduzca la cantidad de material utilizado*



*Se debe replantar la estética de la parte superior para que vaya acorde con el resto de la estructura.*

*Se puede adaptar mejor para las herramientas del usuario. O bien, utilizar para guindar su propio maletín.*

*Se puede utilizar un sillón más ancho, que puede ser más cómodo sin perder ergonomía.*

# Siguientes pasos

## **Hacer una maqueta estética**

Demostrarle al usuario cómo se va a ver el producto.

## **Hacer una maqueta funcional**

Hacer pruebas con prototipadores usando una maqueta funcional sin mucho acabado estético, para probar el movimiento y simular su manejo.

## **Construir un prototipo**

Comprar materiales y componentes y hacer un prototipo funcional que los usuarios pueden llegar a probar y comunicar qué defectos tiene el sistema y qué se le puede mejorar.

## **Hacer cambios en el diseño pertinentes**

Hacer cambios que los usuarios percibieron eran necesarios cuando se hizo la prueba con el prototipo funcional.

## **Optimizar el diseño**

Ver en qué partes se pueden ahorrar material o sobra material es indispensable para ahorrar costos y tiempo. Encontrar partes donde no es necesario mucho tornillo, donde está sobre estructurado o si el componente que se utilizó es más capaz de lo necesario son algunos de los puntos que se considera.

# Conclusiones

Proyectos como este es difícil terminarlos en el plazo de 4 meses que se le da al estudiante. Se debe considerar muchos aspectos y saber como organizarlos y considerar contratiempos como fallos en el diseño o atrasos en materiales.

El ingeniero en diseño industrial es un profesional que conoce el proceso de diseño a fondo, pero a la vez adquiere conocimientos de ingeniería como la mecánica, electrónica y manufactura. Aún así, proyectos como este deben ser asesorados por muchos profesionales de diferentes áreas. En este caso la mayor influencia para el desarrollo del proyecto fueron profesionales de la escuela de electromecánica del TEC, quienes ayudaron con información sobre el uso de motores y baterías, además de la integridad física y mecánica del proyecto. Para hacer este tipos e proyectos se debe agrupar las asesorías antes de comenzar, es decir, primero se debe considerar a quiénes se va a preguntar y en cuál etapa del proyecto, además de considerar su importancia relativa en el proyecto.

Los diseñadores industriales son especialistas en conceptualización, pero con este proyecto se quiso llegar un paso más allá y construir un prototipo y dejar el producto funcionando en su contexto. Sin embargo se requiere de más tiempo para poder llegar hasta ese punto, ya que los proyectos de este tipo no se pueden llevar a la ligera, especialmente si los componentes y materiales son costosos y una persona puede resultar herida a causa de un mal diseño.

La industria agropecuaria, incluso la industria de manufactura y distribución, no tienden a darle importancia a la estética en su maquinaria. Sin embargo la estética crea sensaciones y, como diría Franklin Hernández en su libro de Estética Artificial, muestra status. El ambiente laboral puede mejorar por la estética. En productos como este, no se pierde dinero o tiempo dándole estética, pues se utiliza el mismo o menos material que una estructura meramente funcional.

El camino hacia una industria Carbono Neutral se puede conseguir con este tipo de proyectos. En Grupo Acón ya tenían el proyecto de paneles solares, nada mas necesitaban tener algo para complementarlo y con este proyecto llegarán a ser una empresa aún más amigable con el ambiente.

Con proyectos como este, que no hay en otras partes del mundo, se ayuda a dejar a Costa Rica en alto como un país innovador. Pero más importante, se ayuda a la economía del país pues se está trabajando para una de las industrias más antiguas del país que tiene un peso enorme en la economía frágil en la que se vive.

## Bibliografía y agradecimientos



# Bibliografía

Arias, F. (2009). CARACTERIZACIÓN QUÍMICA Y CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DE. San José: Ministerio de Agricultura.

Bressel, E., & Larson, B. (2002). Bicycle Seat Designs and their effect on Pelvic angle. Logan: Utah State University.

Carlos Andrés Fontanilla D., J. S. (2009). Cable vía en la cosecha de palma. Pontevedra: Cenipalma.

Chaurand, R. Á. (2007). Dimensiones antropométricas de población latinoamericana. Guadalajara: Universidad de Guadalajara.

CORBANA. (2001). Proyección Social de la industria bananera. Costa Rica.

CORBANA. (2011). "Implementación de Buenas Prácticas Agrícolas. San José: CORBANA.

Delgado, J. V. (2000). Diseño y presupuesto de un sistema de. Honduras: Zamorano.

Edison Tech Center. (2018, 7 9). Edison Tech Center. Retrieved from The Electric Motor: <http://edisontechcenter.org/electricmotors.html#types>

Electropaedia. (n.d.). Electropaedia. Retrieved from Lead Acid Batteries: <https://www.mpoweruk.com/leadacid.htm>

Engineer's Handbook. (-, -). Engineer's Handbook. Retrieved from Reference Tables -- Coefficient of Friction: <http://www.engineershndbook.com/Tables/frictioncoefficients.htm>

Engineering ToolBox, (2009). Electric Motors - Power and Torque vs. Speed. [online] Available at: [https://www.engineeringtoolbox.com/electrical-motors-hp-torque-rpm-d\\_1503.html](https://www.engineeringtoolbox.com/electrical-motors-hp-torque-rpm-d_1503.html) [Accessed Day Mo. Year].

EPI, inc. (2011, 3 9). EPI, inc. Retrieved from - Power and Torque -: [http://www.epi-eng.com/piston\\_engine\\_technology/power\\_and\\_torque.htm](http://www.epi-eng.com/piston_engine_technology/power_and_torque.htm)

Ford, A. L., & Freedman, R. A. (2013). Sears y Zemansky Física universitaria. Naucalpan de Juárez (México): Pearson.

Hoffmann, K. (2009). Oscillation Effects of Ropeways Caused by Cross-Wind and Other Influences. Vienna: Vienna University of Technology.

Humpert, W. (2012). CyclingRight.com. Ruhr, Germany.

J. Theurel , A. Theurel & R. Lepers (2012) Physiological and cognitive responses when riding an electrically assisted bicycle versus a classical bicycle, Ergonomics, 55:7, 773-781, DOI: 10.1080/00140139.2012.671964

Kromer, K. H., Kroemer, H. B., & Kroemer-Elbert, K. (1999). Ergonomics: How to design for ease and efficiency. New Jersey: Prentice-Hall.

Krishnapillai, S. (2012). A Simple Portable Cable Way for Agricultural. European Journal of Sustainable Development.

Longhopes. (n.d.). Longhopes Donkey Shelter. Retrieved from Cost of Keeping a Donkey: <https://longhopes.org/cost-of-keeping-a-donkey>

LumenLearning. (n.d.). <https://courses.lumenlearning.com/boundless-physics/chapter/sound-intensity-and-level/>. Retrieved from Boundless Physics: <https://courses.lumenlearning.com/boundless-physics/chapter/sound-intensity-and-level/>

Madriz, C. (2010). Análisis de la herramienta de medición del riesgo ergonómico en agricultura (AERAT). Rise: Rise.

Murray Mackay. (1992). Mechanisms of Injury and Biomechanics: Vehicle Design and Crash Performance. Birmingham: University of Birmingham.

SAE. (2018). Developing the Gear Ratio Formula. Retrieved from SAE: <https://www.sae.org/binaries/content/assets/cm/content/learn/education/motortoycar-samplelessonplan.pdf>

Shuangqing Sun \*, Q. Z. (2008). Long-term atmospheric corrosion behaviour of aluminium alloys 2024. Beijing: General Research Institute for Nonferrous Metals,.

Ulrich, K. T., & Eppinger, S. D. (2013). Diseño y desarrollo de productos. México: MacGraw-Hill.

# Agradecimientos

## **Diseño industrial**

Silvia Moreira Acuña  
Federico González  
Olga Sánchez  
Fabián Porras  
Mario González  
Xinia Varela  
ErgoTEC  
Miguel Araya  
Juan Rafael Córdoba Mora, QEPD.

## **Electromecánica**

Gustavo Gómez  
Julio Rojas

## **Mecatrónica**

Luis D. Sáenz

## **Física**

Natalia Murillo  
Juan C. Maury

## **Grupo Acón**

Arnoldo Batres  
José Montoya  
Michael Ocampo